

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Jakub Chudík

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

**Simulátor vodíkového palivového článku s
mikroprocesorem**
**Hydrogen Power Cell Simulator with
Microcontroller**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne

Podpis studenta

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

Prohlašuji, že beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 ods. 3).

Prohlašuji, že souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Prohlašuji, že beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Podpis studenta

Poděkování

Za cenné rady, dodání potřebných materiálů a podměty jak zdokonalit bakalářskou práci bych chtěl poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Kotzianovi, Ph.D.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením simulátoru palivového vodíkového článku, který bude řízen mikroprocesorem firmy Freescale.

Práce popisuje dílčí části simulátoru. Program, který byl použit pro vytvoření DSP a schéma se jmenuje Formica.

Zdroj je propojen a ovládán mikroprocesorem MC9S12DP512. Vytvořený program testuje funkčnost tohoto zdroje.

Klíčová slova

Blokové schéma, elektrické schéma, CodeWarrior, HIX2007, Formica, C, LCD, klávesnice, mikroprocesor

Abstract

This bachelor thesis deals the creation of hydrogen fuel simulator Cell, which will be controlled by a microprocessor company Freescale.

This work describes a particular simulation. The program, which was used to create a DSP scheme is called Formica.

Source is connected and controlled by microprocessor MC9S12DP512. Created program tests the functionality of this resource.

Key Words

Block diagram, electrical diagram, CodeWarrior, HIX2007, Formica, C, LCD, keyboard, microprocessor

Seznam použitých symbolů a zkratek

DPS- Deska plošného spoje

A/D- Analogově / digitální převodník

Φ [Fí]- magnetický tok

LED- Dioda vyřazující světlo

PWM- Pulzně šířková modulace

SMD – součástky pro povrchovou montáž

SMT- postup pájení součástek přímo na plošný spoj

Drain, Gate, source - Jedná se o označení vývodu MOSFET tranzistoru

Obsah

1	Úvod.....	- 1 -
2	Palivový článek	- 2 -
2.1	Historie	- 3 -
2.2	Reakce	- 3 -
2.3	Vlastnosti	- 3 -
3	Blokové schéma	- 4 -
4	Návrh DPS.....	- 7 -
4.1.1	Výroba DPS.....	- 7 -
4.1.2	Postup při navrhování DPS	- 9 -
5	Formica.....	- 11 -
5.1	Návrh elektrického schéma	- 11 -
5.2	Návrh DPS	- 11 -
6	CodeWarrior.....	- 12 -
6.1	Programovací jazyk C	- 12 -
7	Mikroprocesor MC9S12DP512.....	- 14 -
7.1	PWM modulace	- 15 -
7.1.1	Převod PWM na analogový signál	- 16 -
7.2	A/D převodník	- 17 -
7.2.1	Integrační.....	- 18 -
7.2.2	Kompenzační.....	- 19 -
7.2.3	Paralelní.....	- 19 -
7.3	Digitální vstupy	- 20 -
7.3.1	Optočlen	- 20 -
8	Volba napájení.....	- 22 -
8.1	Výběr transformátoru	- 22 -
8.2	Princip usměrňovače.....	- 22 -
9	Zdroj.....	- 25 -
9.1	lineární zdroj.....	- 25 -
9.2	Spínaný zdroj.....	- 27 -
10	Tranzistory	- 29 -
10.1	MOSFET.....	- 29 -
10.2	Bipolární	- 30 -
11	Měření proudu a napětí	- 32 -
11.1	Měření proudu.....	- 32 -
11.2	Měření napětí	- 34 -
12	Vstupní a výstupní periferie	- 35 -
12.1	Vstupní periferie	- 35 -
12.2	Výstupní periferie	- 35 -
13	Sestavení zařízení.....	- 37 -
14	Závěr.....	- 38 -
15	Literatura	- 39 -
16	Seznam příloh.....	- 40 -

1 Úvod

V dnešní době se začínají hledat alternativní pohony pro automobily a to z důvodu zlepšení ovzduší a také úbytku fosilních paliv. Vysoká škola báňská se touto problematikou zabývá a vymysleli prototyp automobilu na vodíkový pohon. Pojmenovali ho HIX. Výroba vodíkového motoru je drahá záležitost. Kvůli testování nových částí, které by tento automobil měl obsahovat, by bylo zbytečné neustále vymontovávat vodíkový článek, mohlo by dojít k poškození anebo k úplnému rozbití.

Z tohoto důvodu se tato práce zabývá vytvořením simulátoru, který by tento vodíkový článek nahradil v laboratoři, aby nedošlo k poškození článku. Tento simulátor se bude řídit pomocí mikroprocesoru firmy Freescale z řady HCS12. Mikroprocesor spolu se simulátorem musí napodobovat chování palivového vodíkového článku. Pokud bychom současně provedli změnu na vodíkovém článku i na příslušném vstupu simulátoru, musí se oba celky chovat stejně. K zadávání parametrů simulátoru se používá klávesnice a aktuální děj s velikostí teplot, napětí a proudu se zobrazuje na LCD displeji.

V této práci se měl kompletně zhotovit simulátor palivového vodíkového článku, který bude obsahovat regulovatelný zdroj s vstupy a výstupy, se kterými bude komunikovat mikroprocesor pomocí simulačního programu.

Jako první bylo potřeba nastudovat vlastnosti, způsob reakce v palivovém vodíkovém článku, touto problematikou se zabývá kapitola dvě. Před vlastním návrhem muselo, být vytvořeno blokové schémata simulátoru. Touto problematikou se zabývá třetí kapitola. Čtvrtá kapitola se zabývá výrobou, osazením a způsobu připojení DPS. Pátá a šestá kapitola se zabývá popisem programů, které byly při práci využívány. Jedná se o Formica (vytvoření a popisem postupu při vytvoření elektrického schématu a DPS) a o program CodeWarrior (program pro vytvoření programu do mikroprocesoru firmy Freescale). Sedmá kapitola popisuje vlastnostmi mikroprocesoru i s popisem a vysvětlením funkčnosti vstupních a výstupních parametru, popisem pomocných schémat. Další důležitou kapitolou je kapitola osm, která se zabývá volbou napájení a usměrnění elektrické energie. V kapitole devět je popsán návrh zdroje (lineární a spínaný). Rozdíl a popis tranzistoru je popsán v kapitole deset a v kapitole jedenáct se popisují způsoby měření napětí a proudu. V kapitole dvanáct popisují vstupní a výstupní periferie, pomocí kterých komunikujeme s mikroprocesorem. Kapitola třináct se zabývá sestavením simulátoru.

2 Palivový článek

Je elektrochemické zařízení vytvářející elektrickou energii. Palivový článek je galvanický článek, k jehož elektrodám je přiváděno jednak palivo (k anodě), jednak oksysličovadlo (ke katodě). Princip výroby elektřiny v palivovém článku spočívá tedy v dodávání paliva k anodě a oksysličovadla ke katodě. Mezi těmito dvěma neprodyšně oddělenými elektrodovými prostory se nachází elektrolyt. Palivové články mohou operovat nepřetržitě, pokud se nepřeruší přívod paliva a oksysličovadla k elektrodám.

Na rozdíl od obvyklých monočlánků (baterií), ve kterých se elektrody při odběru proudu spotřebovávají, zůstávají elektrody v palivovém článku stálé, avšak spotřebovává se palivo a oksysličovadlo, kterými jsou elektrody omývány. Zatímco elektrody uvnitř baterie jsou opotřebovávány, v palivovém článku jsou elektrody katalyticky i relativně stabilní.

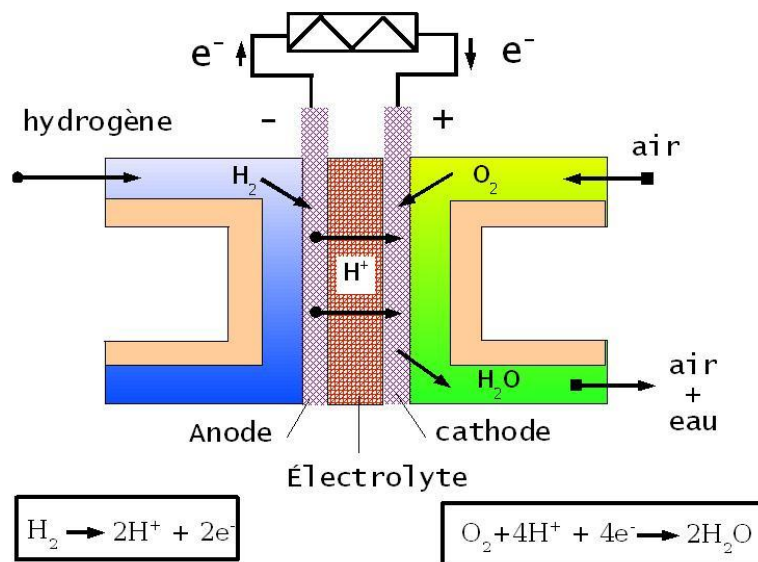
Existuje mnoho kombinací paliva a oksysličovadla. Např. kyslíko-vodíkový článek používá vodík jako palivo a kyslík jako oksysličovadlo. Jiné články užívají jako paliva uhlovodíky a alkoholy. Místo čistého kyslíku se jako oksysličovadla může použít například vzduch, chlór a oxid chloričitý.

Přeměna chemické energie na elektrickou se většinou děje v generátorech oklikou přes kinetickou energii, která vzniká při spalování daného paliva. Palivové články vyrábějí elektřinu přímo, a proto by měly být účinnější, jednodušší a spolehlivější. Zatím však jejich využití částečně brání technické překážky.

V současnosti se nejvíce nadějí vkládá do kyslíko-vodíkového palivového článku v rámci vodíkového pohonu automobilů. Vodík může být vyroben např. pomocí elektrolýzy vody a kyslík je obsažen v atmosféře. Skladování vodíku v automobilových nádržích je v neustálém vývoji díky tomu, že vodík je ve směsi se vzduchem vysoce výbušný. Moderní výzkumy ukazují na použití směsi železa a titanu jako stabilizátoru. Navíc účinnost celého cyklu (elektřina → vodík → elektřina) dosahuje jen asi 30-40 % (benzínové motory – 18 %).

[3]

V současnosti jsou už palivové články používány v raketoplánech a v ponorkách.



Obr. 12.1 Schematické znázornění článku

[3]

2.1 Historie

Princip palivového článku byl objeven už v roce 1838 švýcarským vědcem Christianem Friedrichem Schönbeinem. Popsal jej v publikaci, která vyšla v lednu 1839. Na základě této teoretické práce sestavil první fungující prototyp Sir William Grove. Termín „Palivový článek“ patrně použili jako první v roce 1889 Charles Langer a Ludwig Mond, kteří se pokusili vyvinout článek napájený svítiplynem. Jejich článek byl příliš drahý. Tvůrcem názvu mohl být i William Jacques, který poprvé zkusil jako elektrolyt použít v článku kyselinu fosforečnou. Po vynálezu dynama Wernerem von Siemensem palivový článek upadl částečně v zapomnění.

V roce 1932 sestavil Francis Bacon první prakticky použitelný článek s elektrolytem tvořeným hydroxidem draselným. V roce 1952 měl zdroj, založený na tomto článku, výkon 5 kW.

Svou skutečnou renesanci zažil palivový článek v 60. letech 20. století. Bylo to především díky kosmickému výzkumu, protože článek má proti jiným zdrojům výhodnější poměr energie/hmotnost. Byly jimi například vybaveny kosmické lodi programu Apollo, ale jsou zdrojem energie i pro současné raketoplány.

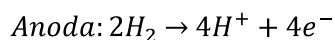
[3]

2.2 Reakce

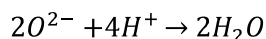
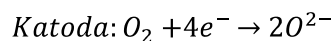
Palivo (například vodík) je na anodě katalyticky přeměněno na kationty (v příp. vodíku ionty H^+). Uvolněné elektrony jsou vychytány anodou a vytváří elektrický proud, který teče přes elektrický spotřebič ke katodě. Na katodě se oxidační činidlo (většinou kyslík) redukuje na anionty (O^{2-}), a ty pak reagují s H^+ ionty na vodu.

[3]

Chemické rovnice:



Oxidace / odevzdání elektronu



[3]

2.3 Vlastnosti

Palivový článek, oproti jiným systémům a technologiím, má několik zásadních výhod. Dokáže vyrábět elektrickou energii bez vzniku jakýchkoliv znečišťujících odpadních látek a dostupnost vodíku jako paliva je prakticky neomezená, i když pouze ve vázané formě H_2O .

Masové využití palivových článků by znamenalo výrazný kvalitativní posun, který by přispěl k šetření přírodních zdrojů fosilních paliv.

Elektrochemická reakce, ke které dochází v palivovém článku, je opačným procesem k rozkladu vody pomocí elektřiny - známé elektrolýze. Vodík a kyslík se v palivovém článku řízeně směšují a reagují spolu, čímž vzniká jediný odpadní produkt - čistá voda.

Při běžném zatížení vyrábí palivový článek elektrickou energii s vysokou účinností asi 50 %.

[http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pce/hamrik.doc]

3 Blokové schéma

Blokové schéma je první a nejdůležitější část při návrhu jakéhokoliv výrobku. Určíme a ujasníme si, co všechno zařízení bude obsahovat a s jakými hodnotami bude komunikovat. Z blokového schématu se odvíjí další postup návrhu. Blokové schéma graficky popisuje propojení vnitřních částí uvnitř složitého celku. Jsou zde zobrazeny vstupní a výstupní parametry, vnitřní propojení celku mezi sebou a způsob jejich vzájemné komunikace.

Pro tvorbu a editaci blokových schémat existuje řada programu. Všechny tyto programy obsahují bloky, do kterých se píše názvy (nebo podmínky) a které se mezi sebou propojují pomocí šipek. Je zde několik různých typu blokových schémat a každý z nich má jiný význam a používá se v jiné oblasti techniky.

Pro tvorbu blokových schémat byl vybrán program Dia, který je na internetu volně ke stažení. Blokové schéma ujasnilo, s jakými hodnotami se bude pracovat. Podle blokového schématu se vytvářelo elektrické schéma a jeho vstupní a výstupní parametry se upravovaly tak, aby je mohl vyhodnocovat mikroprocesor, protože má omezené parametry (např. vstup vodíku pracuje na úrovni 0 a 12V, ale mikroprocesor pracuje pouze s úrovněmi 0V a 5V).

Blokové schéma simulátoru spolu s připojením je navrženo podle blokového schématu palivového článku HIX2007, které poskytl vedoucí práce. Celkové blokové schéma palivového článku HIX2007 je zobrazeno v příloze IV.

Simulátor je zde reprezentován jako zdroj který je řízen mikroprocesorem. Při návrhu bylo ujasněno, s jakými hodnotami bude prováděna komunikace mezi řídicím systémem článku a simulátorem palivového článku. Simulátor palivového článku je zde zastoupen lineárním zdrojem s příslušnými vstupy a výstupy. Tyto vstupy a výstupy se musí chovat jako by se jednalo o palivový článek. Seznam je zobrazen níže i s hodnotami, s kterými pracuje řídicí systém článku. Tato komunikace je zobrazena na obr. 1.1.

Rozhraní simulátoru

Analogové vstupy: (0-5V nebo 0-100%, po úpravě 0-12V)

Kompresor

Digitální vstupy: (0, 1 0V, 12V)

Vstup vodíku

Výstup vodíku

Chlazení

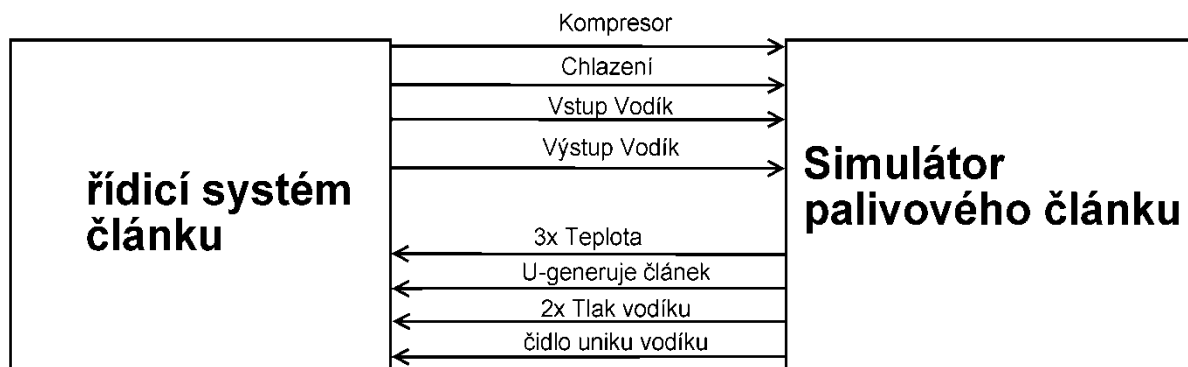
Analogové výstupy:

Tlak vodíku 2x(0-12V)

Regulace zdroje (0-50V, 0-10A)

Digitální výstupy:

Čidlo uniku vodíku (kontakty relé-NO, NC)



Obr 1.1 Blokové schéma připojení simulátoru k řídicímu systému

Další komunikace bude probíhat mezi mikroprocesorem a simulátorem. Simulátor musí převést napěťové úrovně z řídicího systému na úrovně, se kterými pracuje mikroprocesor. A naopak. Tyto úrovně musí být ošetřeny, aby nedošlo k poškození mikroprocesoru. Mikroprocesor pracuje s nižšími hodnotami proudu a napětí. Seznam se vztahuje k obr. 1.2.

Rozhraní k mikroprocesoru

Analogové vstupy: (0-5V nebo 0-100%)

Kompresor
Aktuální hodnota U-2x
Teplota 2x

Digitální vstupy: (0,1-0V,5V)

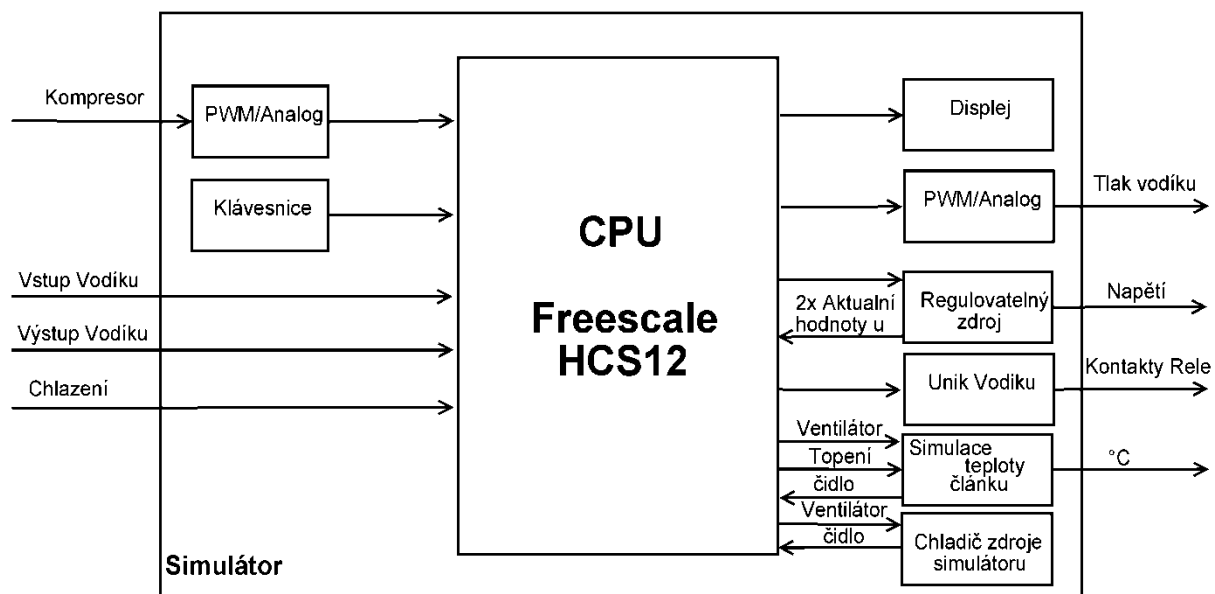
Vstup vodíku
Výstup vodíku
Chlazení

Analogové výstupy: (0-100%)

Tlak vodíku 2x
Regulace zdroje
Regulace teploty odporu
Regulace rychlosti otáček ventilátoru 2x

Vstupní/výstupní periferie:

Displej
Klávesnice



Obr 1.2 blokové schéma simulátoru

4 Návrh DPS

Abychom mohli začít s výrobou DPS, musíme znát několik zásad, kterých se musíme vyvarovat. Také si musíme ujasnit, z jakého materiálu bude tento plošný spoj vytvořen, jakým způsobem jej budeme navrhovat a nechávat vyrobit. Další důležitou věcí je typ součástek, který bude obsahovat (SMD, klasické vývodové) a také způsob pájení těchto součástek. Pro plošný spoj simulátoru bylo vybráno ruční pájení, a to z důvodu klasických součástek a pouze jedné SMD součástky.

4.1.1 Výroba DPS

DPS se vyrábí pomocí chemického procesu. Jedná se o náročnou a drahou technologii z důvodu stále rostoucích požadavků. Hlavní požadavky jsou kladeny na hustotu propojení, zmenšují se izolační mezery, průměry otvorů a zvyšuje se počet vrstev. Je mnoho způsobů výroby DPS. Jedním s nejstarším a dosud stále používaných, je odleptání přebytečné mědi pomocí chloridu železitého. Další možnost, jak vytvořit vodivou cestu, je nanášením kovové vrstvy. Tento proces je levnější a také ekologičtější.

[6]

Mechanické a elektrické vlastnosti DPS jsou ovlivněny vlastním složením desek. V současné době se používají organické materiály, které se vyznačují dobrými mechanickými vlastnostmi, snadným zpracováním a příznivou cenou. Jedná se o materiály z pryskyřic. Jako základní materiál se používá vrstvený papír, který se umísťuje mezi měděné fólie. Poté se impregnuje ve vakuu fenol-formaldehydovou pryskyřicí. Dále se používá materiál z kombinace polyamidů a skelných vláken. Má vysokou tepelnou odolnost. Nevýhodou je špatná přilnavost měděné fólie k podložce.

[6]

U DPS nás dále zajímají jeho další vlastnosti a to jak elektrické, tak tepelné. Jedná se o izolační odpor, elektrickou pevnost, elektrický průraz, tepelnou roztažnost a proudovou zatížitelnost.

- Izolační odpor – Je definován jako poměr napětí a proudu mezi dvěma vodiči
- Elektrická pevnost [V/m] – Jde o elektrickou odolnost materiálu vůči elektrickému výboji kolmo k elektrodám. Postupně se přidává napětí a zjišťuje se, kdy dojde o průrazu materiálu.
- Elektrický průraz [V] – Jedná se o elektrickou odolnost materiálu vůči elektrickému výboji ve směru umístění laminátu.
- Teplotní roztažnost – Udává relativní změnu rozměru při teplotní změně 1°C
- Proudová zatížitelnost – Proudová zatížitelnost plošných vodičů je přibližně 5x větší než u klasických vodičů a to hlavně díky lepšímu odvodu tepla přes laminát desky. Proudová zatížitelnost DPS je omezena velikostí elektrického výkonu, materiálem a rozměrem desky, množstvím a rozložením kovu na desce, montáží jak součástek, tak vlastní deskou a charakterem proudění teplého vzduchu.

[6]

Volba velikosti, tloušťky a materiálu desky plošného spoje je důležitým faktorem při vlastním návrhu samotné desky. Doporučené tloušťky pro jednovrstvé a dvouvrstvé DPS jsou: 0,2 – 0,5 – 0,7 – 0,8 – 1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,6 – 2,0 – 2,4 – 3,2 – 6,4 mm.

[6]

Aby byla zajištěna stálost vodivých spojů a dobrá hájitelnost, upravuje se povrch DPS. Používané technologie pro povrchovou montáž:

- HAL – Deska se ponoří do roztavené pájky a po vytažení se přebytečné množství odstraní proudem horkého vzduchu. Tloušťka pokovení bývá 10 až 50 μm . Je to nejpoužívanější technologie. Nevýhoda je, že není zajištěna rovnost spoje.
- OSP – Na očištěný povrch mědi se nanáší organické inhibitory. Toto zaručuje dokonale rovný povrch, ale je možnost poškození povrchu díky vysoké teplotě.
- Chemické vrstvení kovů – Při chemickém pokovení se vytvoří tenká vrstva kovu v řádech μm . Povrch nedosahuje takové kvality jako galvanické nebo elektrické pokovení.
- Galvanické nanesení vrstvy kovů – Při galvanickém pokovení se kov vylučuje z roztoku soli na katodě při průchodu elektrického proudu. Nevýhodou je, že tím vzniká nižší spolehlivost spojů.

[6]

Máme několik způsobu umístění součástek na DPS

- a) Klasická montáž – Klasické vývodové součástky jsou připájeny ze strany spojů
- b) Smíšená montáž pouze z jedné strany – Klasické i SMD součástky se osazují pouze z jedné strany na dvoustranný plošný spoj.
- c) Smíšená montáž oboustranná – Klasické i SMD součástky se osazují z obou stran na dvoustranný nebo vícevrstvý plošný spoj.
- d) Smíšená montáž oboustranná SMD – Klasické i SMD součástky se osazují z obou stran na dvoustranný nebo vícevrstvý plošný spoj.
- e) SMT montáž jednostranná – SMD součástky jsou připájeny z jedné strany na dvoustranný, vícevrstvý a výjimečně jednostranný plošný spoj.
- f) SMT montáž oboustranná – SMD součástky jsou připájeny z obou stran na dvoustranný a vícevrstvý plošný spoj

[6]

Aby byly součástky na DPS vodivě spojeny, musí se připájet. Používá se k tomu slitina olova a cínu (tzv. pájka). Teplota tavení pájky je dána poměrem olova a cínu. Teplota tavení pájky se většinou pohybuje od 200°C do 350°C. Z tohoto důvodu by mělo být pájení součástky co nejkratší, aby nedošlo k jejímu poškození. Před pájením je nezbytné dostatečně očistit plošný spoj od mastnoty a oxidů. Je několik technologií jak pájet součástky. Např. pájení vlnou.

Tímto způsobem se dají pájet jak klasické, tak i SMD součástky. SMD součástky musí být nalepeny na stranu spojů k pájecí vlně. DPS se součástkami je umístěna na pohyblivém dopravníku, ve kterém se pohybují určitou rychlostí a prochází postupně třemi zónami. V první zóně se nanáší tavidlo a poté se deska předehřívá. Vlastní pájení se děje vlnou roztavené pájky.

Další způsob je pájení přetavením. Tento způsob pájení se používá pouze pro SMT technologii. Součástky SMD se osazují do pájecí pasty. Deska plošného spoje společně se SMD součástkami, které jsou umístěny v pájecí pastě, se pohybují na pohyblivém dopravníku, který prochází teplotními zónami. Jedná se o zónu pro předehřev, pájení a chlazení. Toto pájení je realizováno pomocí infračerveného zářiče, horkým vzduchem, inertním plynem nebo metodou kondenzačního pájení.

Metod pro pájení pomocí strojů je mnoho. Jejich rychlost a přesnost se v porovnání s ručním pájením nedá srovnávat, ale ruční pájení je stále potřeba z důvodu oprav, kdy stroj nedovede nahřát a vyměnit pouze jednu součástku.

[6]

V zapojení DPS musíme odstranit nežádoucí rušení z okolního prostředí a to:

- Magnetostatickým stíněním – DPS je umístěna uvnitř krabičky vyrobené z materiálu, který má velkou magnetickou vodivost
- Elektromagnetické stínění – DPS je umístěna uvnitř krabičky vyrobené z materiálu, který má velkou elektrickou vodivost a doporučuje se tuto krabičku spojit se zemí na DPS
- Elektrostatické stínění – Slouží k omezení kapacitních vazeb. DSP je umístěna uvnitř krabičky vyrobené z libovolného kovového materiálu, který je nutno dobře uzemnit.

[6]

4.1.1.1 Vícevrstvé DPS

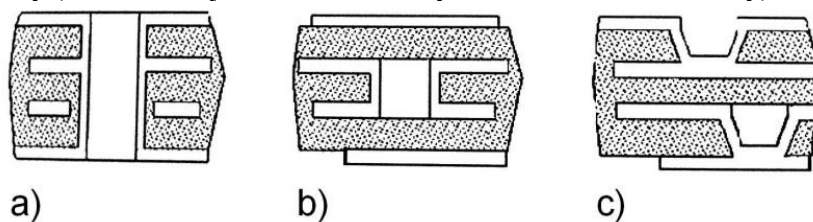
V současné době se používají z větší části vícevrstvé plošné spoje, které se vyznačují dobrým odvodem tepla a tím vysokou spolehlivostí.

Vícevrstvé DPS se vyrábějí postupným přidáváním izolačních laminátů a kovových vrstev na základní desku. Celý proces je velice náročný, protože tyto vrstvy musí na sobě přesně sedět. Motivy na jednotlivých vrstvách jsou spolu propojeny pomocí prokovených otvorů tzv. prokovek.

[6]

Možnosti prokovení:

- průchozí přes celou tloušťku desky
- vnitřní slepé (propojují určitý počet vrstev)
- slepé otvory (otvor zasahuje z venkovní vrstvy částečně do vnitřní vrstvy)



Obr. 5.1 způsob prokovení vícevrstevných DPS

[6]

4.1.2 Postup při navrhování DPS

Před samostatným návrhem bychom si měli ujasnit, kolik bude mít tento plošný spoj vrstev, použitý materiál, způsob výroby a osazení. Toto všechno se poté odráží v ceně.

Několik kritérií při návrhu DPS

- Nespojovat vodivé cesty pod úhlem menším než 90° (způsobuje nedoleptání spoje)
- Vodivé cesty by se měly vést tak, aby byla mezi nimi co možná největší vzdálenost
- Dodržovat stejnou vzdálenost mezi vodivými cestami, pokud se prochází mezi ploškami
- Pokud se propojují jednotlivé vodivé plošky, tak se propojují úzkými vodivými cestami
- Mezi ploškami a velkými vodivými plochami by měla být vytvořena tepelná bariéra
- U volby fólie se musí počítat s podleptáním vodivých cest (např. měděná fólie 35 μm => podleptání 10 až 20 μm .)
- Mezera mezi jednotlivými vodivými ploškami a vodivými cestami musí být tak velká, aby se dala DPS vyrobit, a aby byly splněny elektrické vlastnosti desky

- Kontaktní plošky kolem otvorů by měly být co největší, protože neprokovené otvory potřebují větší pájecí plošky pro lepší odvod tepla

[6]

Nejdůležitějším kritériem při návrhu DPS je respektovat mechanické a elektrické zásady návrhu, proto se také jako první provádí rozmísťování součástek, až pak se propojují jednotlivé součástky v návrhu. Součástky se musí umístit tak, aby měly mezi sebou dostatečnou vzdálenost, aby je bylo možné bez problémů připájet a vyměnit, aby se součástky neovlivňovaly vyzařovaným teplem.

Pro vytvoření schémat existuje několik metod.

- Metoda schématu – U této metody se vychází ze schématu a velikosti DPS. Součástky jsou rozmísťovány tak, aby zabíraly co možná nejmenší prostor.
- Metoda konektorů – Nejprve se do návrhu umístí konektory vstupů a výstupů, a poté se snažíme umístit součástky mezi tyto konektory tak, aby se vyplnil prostor mezi nimi.
- Metoda centrální součástky – Součástky se do návrhu plošného spoje umísťují kolem nejsložitější součástky (nejčastěji se jedná o nějaký integrovaný obvod – zesilovač, budič).

[6]

5 Formica

Jedná se o program, pomocí něhož se vytvářejí elektrická schémata a DPS. Abychom mohli vytvářet DPS, musíme nejprve vytvořit elektrické schéma.

5.1 Návrh elektrického schéma

Elektrická schémata se vytvářejí pomocí programu Formica Schematic. Tento program slouží k vytváření a editování elektrických schémat, vytváření knihoven se součástkami. Jako první krok, než se pustíme do vlastního návrhu schématu, bychom si měli vytvořit všechny potřebné součástky, které bude zapojení obsahovat a uložit si je do vlastní knihovny. Ovšem tato práce by byla zdlouhavá, a proto použijeme součástky, které již byly vytvořeny a uloženy do knihovny. Tyto knihovny si můžeme stáhnout z internetové stránky www.formica.cz.

Druhým krokem si z knihovny postupně vkládáme součástky na pracovní plochu. Jakmile jsou tyto součástky ustavené, můžeme je mezi sebou začít propojovat. Když máme všechny součástky propojeny, necháme si vygenerovat seznam použitých součástek a můžeme přejít k vlastnímu návrhu DPS.

5.2 Návrh DPS

Program Formica používá pro kreslení DPS program layout editor. Tento program komunikuje s programem Schematic. Umožňuje kompletní návrh desky plošných spojů. Vlastní deska plošného spoje se tvoří pomocí pevně nadefinovaných pouzder součástek, které jsme si zvolili v programu pro vytváření schémat. Tyto pouzdra se automaticky po zapnutí vloží do tohoto programu. Po ustavení všech pouzder můžeme přejít k jejich jednotlivým připojováním pomocí vodivých cest. Tyto cesty se kreslí ručně nebo se zadá, aby program nakreslil tyto cesty sám. Po nakreslení je vhodné provést automatickou kontrolu izolačních mezer mezi spoji, rozměru pájecích ploch a zkratu.

Vytváření vodivých cest můžeme nechat na programu, pomocí funkce autorouter. Do této funkce zadáme pouze velikost a tvar plošek, velikost izolačních mezer. Po spuštění se automaticky rozmístí součástky a propojí se mezi sebou.

Pokud je celý návrh vytvořen, můžeme DPS vytisknout. Před vlastním tiskem DPS se musí nastavit způsob tisku a také výběr, co všechno potřebujeme vytisknout. Tisk se provádí na plotru nebo na jakékoli tiskárně.

6 CodeWarrior

CodeWarrior je v informatice integrované vývojové prostředí pro operační systémy Macintosh s procesorem Motorola 68000, Microsoft Windows, Linux, Solaris a vestavěné systémy. Původně byl vyvíjen společností Metrowerks, která byla v roce 1999 odkoupena společností Motorola a její dceřinou společností Freescale Semiconductor, která se v roce 2004 osamostatnila a nadále pokračuje ve vývoji nových verzí. Tento program se nesoustředí pouze na jazyk C a C++, ale zahrnuje také Pascal, Object Pascal, Objective-C a Java kompilátory. CodeWarrior byl klíčovým faktorem úspěchu společnosti Apple při přechodu ze strojové architektury procesoru 68K na procesor PowerPC, protože poskytl kompletní a solidní překladač. Konkurenční nástroje a Symantec C++ mu většinou nemohly konkurovat. Poté co byla v roce 1999 společnost Metrowerks koupena Motorolou, začala věnovat méně pozornosti překladačům pro stolní počítače a soustředila se na vestavěné systémy. Dne 29. července 2005 společnost oznámila, že s příchodem nové verze CodeWarrior Pro 10, dojde k přerušení dalšího vývoje CodeWarrior pro systémy Mac. Během svého rozkvětu byl CodeWarrior oblíben díky častému vydávání nových verzí, několika aktualizacím během roku.

Svůj název získal během 90 let, kdy Apple Computer zveřejňoval měsíční série vývojových CD-ROMů, které obsahovaly zdroje pro programování pro počítače Macintosh. Tyto CD byly v počátcích žertovně titulovány s použitím odkazů na různé filmy, ale upraveny s použitím kódování twist. Například "The Hexorcist" (The Exorcist). A právě jeden z nich, svazek 9, byl znám pod názvem "Code Warrior", odkazující na film Mad Max 2: The Road Warrior.

[3]

6.1 Programovací jazyk C

Jedná se o programovací jazyk, který vyvinuli Ken Thompson a Dennis Ritchie. Byl vytvořen pro potřeby operačního systému Unix. Vývoj jazyka C začal mezi léty 1969 a 1973. Ritchie tvrdí, že nejpřínosnější období bylo v roce 1972. Pojmenování „C“ zvolili, protože mnoho vlastností přebírali ze staršího jazyka zvaného „B“. V roce 1973 se stal jazyk C dostatečně stabilním. Díky tomu se mohla většina zdrojového kódu jádra Unixu přepsat z assembleru do C. V pozdních sedmdesátých letech začalo C nahrazovat BASIC jako přední programovací jazyk pro mikropočítače. V laboratořích začali pracovat na rozšiřování C o objektově orientované prvky. Jazyk, který vytvořili, zvaný C++, je dnes nejrozšířenější programovací jazyk pro aplikace na Microsoft Windows; C zůstává stále populárnější ve světě Unixu. V současné době je to jeden z nejpoblárnějších jazyků. Zdrojový kód C je mnohem čitelnější než kód psaný v assembleru, je jednodušší ho zapsat a navíc je snáze přenositelný na jiné architektury. Tento program pracuje s pamětí přes datový typ zvaný ukazatel. Tento ukazatel drží odkaz na paměťový prostor daného typu proměnné, ale je na něm možné provádět aritmetické operace.

[3]

Ukazatele jsou velmi mocným nástrojem, protože C jazyk povoluje ukazatele nejen na data, ale i na funkce. Na druhou stranu, programátorovi je dána plná zodpovědnost za alokace paměti. Od jazyka C se odvodilo spousta dalších jazyků jako Java, C# a C++.

[3]

Způsob výpisu:

„ahoj, jak se mas?“ v C

Následující jednoduchá aplikace vypíše „ahoj, jak se mas?“ na standardní výstup (většinou na obrazovku, ale může to být i do souboru nebo na jiné hardwarové zařízení nebo dokonce i bit bucket, což závisí na nastavení standardního výstupu v době spuštění programu).

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    printf("ahoj, jak se mas?\n");
    return 0;
}
```

[3]

Tento jazyk obsahuje různé datové typy:

char - Používá se pro znaky
 int - Používá se pro celá čísla
 float - Používá se pro desetinné číslo s plovoucí řádovou čárkou
 double - Používá se pro desetinné číslo s plovoucí řádovou čárkou s dvojnásobnou přesností
 void - Používá se, pokud nepotřebujeme žádnou hodnotu (např. u funkcí)

[3]

A také podmínky:

- If- jedná se o příkaz na větvení programu. Záleží na výsledku podmínky. Tato podmínka je vyhodnocována jako pravda (příkazy, které jsou v těle podmínky if se postupně začnou provádět) nebo jako nepravda (tělo podmínky se přeskočí)
- if – else - pokud podmínka bude nepravda, tak se provede tělo příkazu else
- switch - slouží k výběru jedné z několika větví programu, která se má provést v závislosti na nějaké celočíselné hodnotě, která se udává do podmínky. Na konec větve programu se přidává příkaz *BREAK*, a to z důvodu, aby program nepokračoval v další větvi programu, ale aby se znovu mohlo zadat číslo, vybrat a provést další větev.
- For - umožňuje opakovat jeden, nebo více příkazů. Cyklus for se používá pro zadaný počet opakování příkazu, nebo bloku příkazu. Jeho obecný formát pro opakování jednoho příkazu vypadá takto:
 for (inicializace; test podmínky; inkrementace)
 příkaz;
- while - napřed se testuje podmínka, je-li platná, pak se provede tělo cyklu a znovu se testuje podmínka. Není-li platná, program pokračuje za cyklem. Není-li tedy podmínka platná při prvním příchodu na cyklus, neprovede se cyklus ani jednou
- do-while - napřed se provede tělo cyklu, pak se testuje podmínka. Je-li platná, cyklus se provede znovu. Není-li platná, program pokračuje za cyklem. Tento cyklus se tedy provede vždy nejméně jednou.
- break - slouží k okamžitému opuštění cyklu, bez ohledu na platnost podmínky
- continue- slouží ke skoku na konec cyklu a znovu testování podmínky

[3]

7 Mikroprocesor MC9S12DP512

Výrobou mikroprocesoru MC9S12DP512 se zabývá firma Freescale. Jedná se o velkou firmu, která se nezaobírá pouze výrobou mikroprocesoru.

Do jejího sortimentu patří:

8-bit Mikroprocesor	(řady RS08, HCS08, HC08)
16-bit Mikroprocesor	(řady HC16, S12, HC12)
32-bit Mikroprocesor & Procesor	
Analogové & Elektrické řízení	
CodeWarrior® vývojové prostředí	
Specifický zákazník ICs & Uživatelé SOC	
Digitální pomocné procesory & Kontroléry	
Senzory	

[1]

Jedná se o 16-bitový mikroprocesor z řady HCS12, který dále patří do rodiny MC9S12D. Všechny 16-bitové zařízení obsahují až 512Kb Flash EEPROM paměti, 14Kb RAM paměti, 4Kb EEPROM paměti, dále obsahují

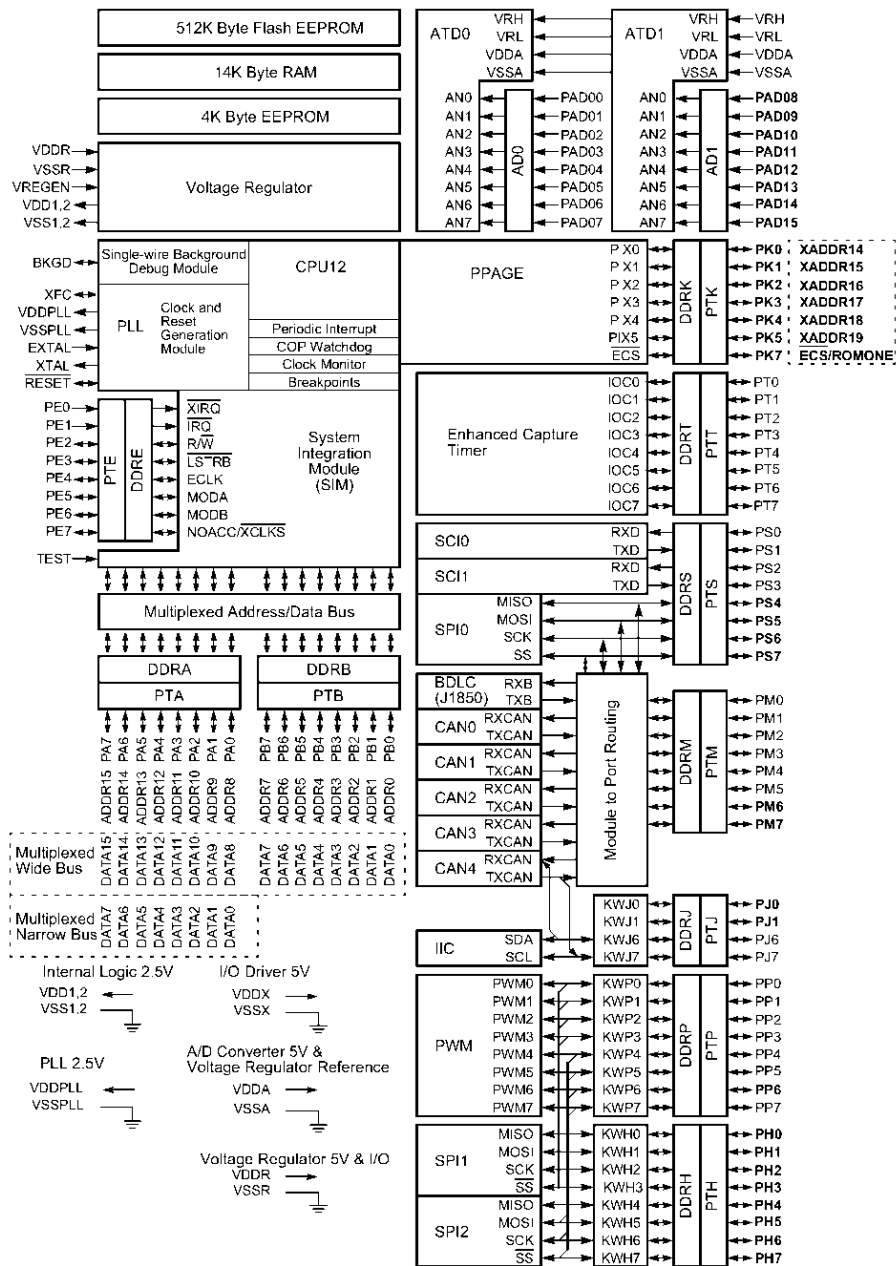
- : asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI)
- : 3x periferní rozhraní SPI
- : snímací časovač (ECT)
- : 2x 8-kanálový 10-bitový A/D převodník (ADC)
- : 8-kanálová pulzně šířková modulace (PWM)
- : J1850 rozhraní a až do pěti CAN 2.0
- : softwarově kompatibilní jednotky (MSCAN12)
- : Inter IC Bus (IIC)

[1]

Seznam portu

- : Port A = 8 vstupu nebo výstupu
- : Port B = 8 vstupu nebo výstupu
- : Port E = 6 výstupu + 2 vstupy
- : Port H = 8 vstupu nebo výstupu
- : Port J = 4 vstupu nebo výstupu
- : Port K = 7 vstupu nebo výstupu
- : Port M = 8 vstupu nebo výstupu
- : Port P = 8 vstupu nebo výstupu
- : Port S = 8 vstupu nebo výstupu
- : Port T = 8 vstupu nebo výstupu
- : Port PAD = 16 vstupů jenom.

[1]

Freescale Semiconductor, Inc.

Obr. 6.1 Architektura Mikroprocesor MC9S12DP512

[1]

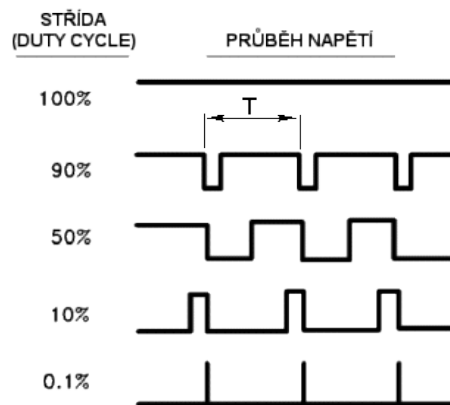
7.1 PWM modulace

Jde o diskrétní signál, který má stále stejnou periodu a mění se pouze velikost střídy a to v závislosti na požadované analogové hodnotě. Střída se udává buď v procentech nebo v poměru velikosti pulzu (např. $5V=100\%=1:0$, $2.5V=50\%=1:1$, $0V=1\%=0:1$). Modulovaná veličina je většinou napětí.

Vzhledem ke svým vlastnostem je pulzně šířková modulace často využívána pro digitální přenos analogové hodnoty a ve výkonové elektronice pro řízení velikosti napětí nebo proudu. Důvod proč použít PWM pro řízení tranzistoru je, že tranzistor má nízké ztráty ve dvou provozních stavech. Když je plně vypnutý, nebo když je plně sepnutý. Když je plně vypnutý, je na něm napětí, ale neteče přes něj proud, takže jsou v tomto stavu jeho ztráty nulové. Když je plně sepnutý, může přes něj téct proud, ale je na něm pouze saturační napětí, které je poměrně nízké, takže ztrátový výkon je v tomto stavu rovněž nízký. Nevýhodou je, že při každém zapnutí nebo vypnutí, přechází tranzistor přes oblast vysokých ztrát a tím pádem s rostoucí frekvencí spínání rostou také ztráty na tranzistoru.

Ve spotřební elektronice PWM se využívá v tzv. zesilovač třídy D, jejichž hlavní výhodou jsou nízké ztráty, což vede k úspoře energie a ke snížení rozměrů zařízení. Nosná frekvence modulace bývá většinou konstantní, ale nemusí tomu tak být vždy. Například některé střídače pro řízení motoru, mohou každou periodu náhodně měnit frekvenci nosného signálu, aby bylo redukováno nepříjemné pískání motoru související s nosnou frekvencí modulace.

[3]



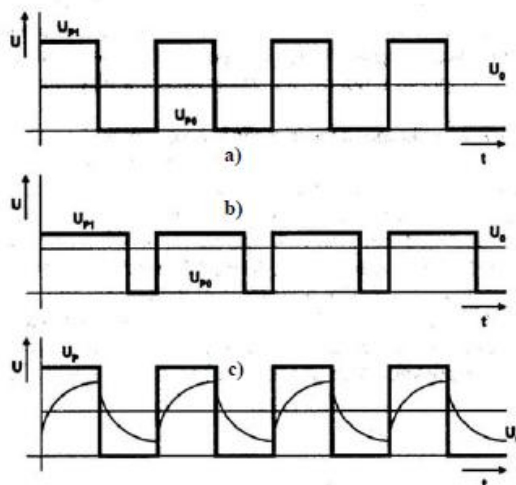
Obr. 6.2 Nastavení střídy u PWM

[2]

PWM modulace byla použita pro řízení zdroje. Velikost střídy odpovídá velikosti otevření výstupních tranzistoru, a tím také změnu proudu a napětí na výstupu zdroje. PWM se dále používá pro změnu teploty na vyhříváním odporu, regulaci otáček ventilátoru z důvodu chlazení zdroje a jako výstup pro čidla vodíku. Na tyto čidla reaguje řídicí systém.

7.1.1 Převod PWM na analogový signál

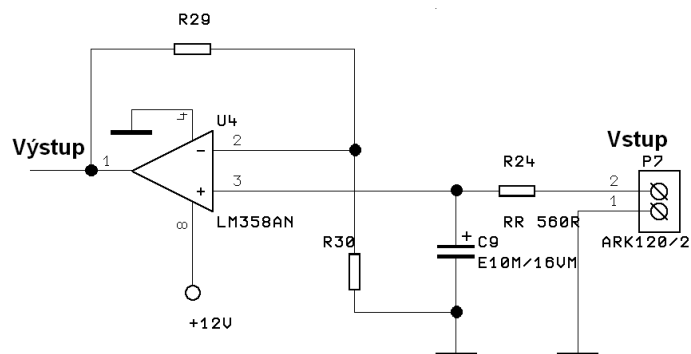
Pro převod PWM signálu na signál analogový se používá jednoduché zapojení RC obvodu. Přivedený PWM signál prochází přes odpor na kondenzátor. Pokud přichází log. 1, kondenzátor se začne nabíjet po dobu, než se signál překlopí do log. 0. Jakmile tento stav nastane, začne se kondenzátor pomalu vybíjet. Při nastavení špatných hodnot RC může dojít k neustálé velké výchylce (kondenzátor se rychle vybíjí) hodnoty napětí. Toto můžeme vidět na obr. 6.3. Způsob zapojení RC článku je zobrazen na obr. 6.4, který je vybrán z celkového schématu simulátoru.



Obr. 6.3 Převedený PWM signál na analogový

a) 50% PWM b) 90% PWM c) 50% PWM s špatnými hodnotami RC

[www.spszl.cz/modules/wfdownloads/visit.php?cid=8&lid=43]

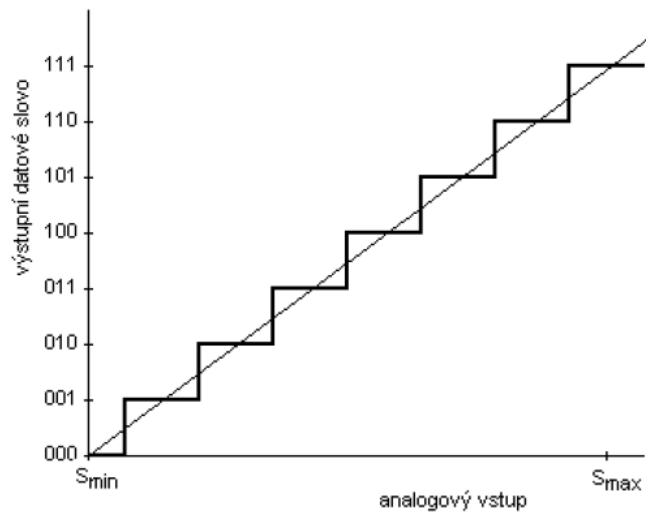


Obr. 6.4 Jednoduchý RC obvod

Signál, který přivádíme na P7 se přes jednoduchý RC článek usměrní z PWM signálu na signál analogový. Operační zesilovač je zde z důvodu impedančního oddělení. Hodnoty odporu se nastaví podle vstupního napětí. Pokud bude signál v úrovních 0 a 5 V, tak se R30 do obvodu nezapojí a místo R29 se dá drátová propojka. Tento operační zesilovač bude poté mít zesílení rovno 1. Při úrovních 0 a 12V se hodnoty odporu musí upravit tak, aby zesílení bylo rovno 5/12.

7.2 A/D převodník

Tento mikroprocesor má 10-bitový převodník, což znamená, že má 2^{10} úrovní. Při přivedení maximálního napětí na analogový vstup (5V) odpovídá hodnotě 1024, která se uloží do registru v mikroprocesoru. Tento přepočít se provádí podle určitého časového intervalu, který se nazývá doba vzorkování. Tento čas si nastavujeme v mikroprocesoru. Doba vzorkování znamená, za jak dlouho dostaneme další hodnotu ze signálu. Nemáme možnost získat všechny hodnoty signálu, protože nedovedeme tento signál tak rychle vzorkovat. Dále nemůžeme získat přesnou hodnotu, protože jsme omezeni počty úrovní, které nám n-bitový převodník může poskytnout.



Obr. 6.5. Převodní charakteristika A/D převodníku

[4]

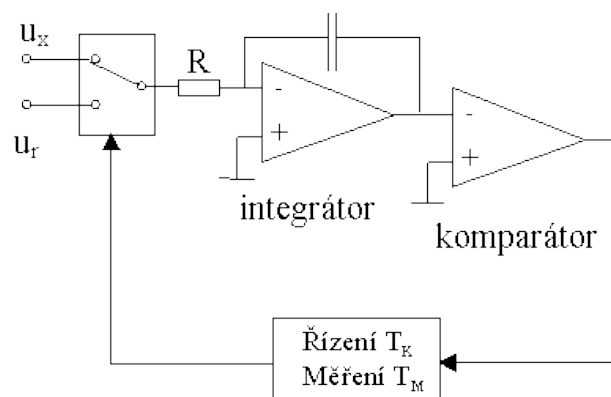
Máme několik typu A/Č převodníku :

- : Integrovní
- : Komparační
- : Paralelní

7.2.1 Integrovní

Na integrátor se připojí samostatně u_x a u_r . U_r je známá velikost napětí. Integrátor se ponechá po dobu $T_K = \text{konst.}$ nabít, poté se známou směrnici vybíjí po dobu T_M , jež je závislá na velikosti náboje. Doba se opět převede na počet impulsů. Poté se tento postup provede i s druhým signálem. Nakonec se porovnají doby vybití pro u_x a u_r a z poměru lze stanovit u_x .

[5]



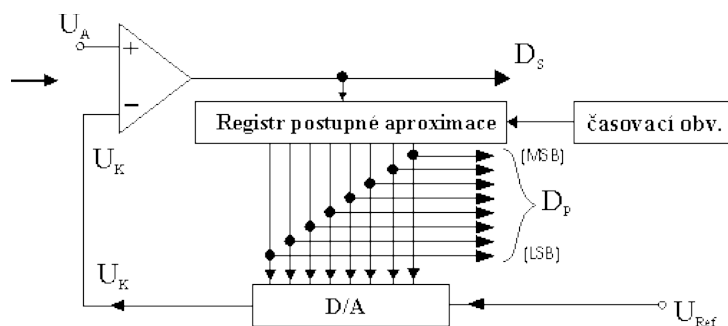
Obr. 6.6 Integrovní převodník

[5]

7.2.2 Kompenzační

Porovnává a kompenzuje vstupní napětí U_A s napětím kompenzačním U_K , jehož zdrojem je D/A převodník, řízený logickým obvodem. Převod je ukončen, je-li splněna podmínka: $U_A - U_K$ je menší než hodnota napětí U_A odpovídající bitu LSB. Činnost aproximačního registru je řízena komparátorem K, který rozhoduje o změně znaménka pro připočtení napětíové úrovně odpovídající dalšímu - nižšímu dvojkovému řádu v následném. Signál U_A se postupně odečítá až je roven 0.

[5]



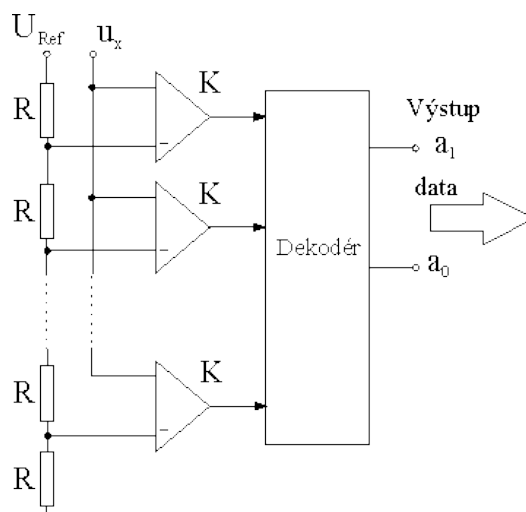
Obr. 6.7 Kompenzační převodník

[5]

7.2.3 Paralelní

Je užíván pro převod zejména rychlých dějů. Mezi svorku referenčního napětí U_{ref} a společným vodič je zapojen odporový dělič, který vytváří napětíové úrovně odpovídající vahám dvojkového čísla. Na vstupy komparátorů je přivedeno jednak napětí měřené - U_x , jednak příslušná komparační úroveň podle váhy dvojkového čísla. Pro $U_x = 0$, je na všech výstupech komparátorů napětí = 0 V. Při zvětšování U_x se postupně překlápí K1 až K3 a na jejich výstupech se objevují postupně logické 1. Pro $U_x = U_x \text{ Max}$ je log. 1 na všech výstupech. Dekodér pak převádí vstupní binární údaje do požadovaného kódu (BCD apod.). Délka převodu je dána dobou přeběhu komparátorů z jedné krajní úrovně do druhé a časem pro zpracování dat dekodérem. Nevýhodou zapojení je větší množství komparátorů pro vícebitový převodník.

[5]



Obr. 6.8 Paralelní převodník

[5]

7.3 Digitální vstupy

Digitální vstupy a výstupy nabývají hodnot 0 nebo 1 a tomu odpovídá napětí 0V nebo 5V. Pokud chceme připojit vyšší napětí na vstup, musíme ošetřit tyto úrovně. Toto je možné provést pomocí děličky, optočlenu, bočníku... Pokud chceme zvýšit výstupní napětí nebo proud, musíme za mikroprocesor umístit tranzistor, výkonový obvod...

7.3.1 Optočlen

Optočlen je spojení dvou polovodičových součástek do jednoho pouzdra a od sebe je galvanicky odděluje. Nejčastěji však infra LED či obyčejné LED a některého dalšího prvku, jako je tranzistor (PNP, NPN, nebo i v Darlingtonově zapojení), tyristor, triak. Když přivedeme na vstup optočlenu malý proud potřebný na rozsvícení LED, začne se fototranzistor otevírat podle proudu procházejícího diodou – čím větší proud, tím více světla a tím se i více otevře tranzistor. Otevřený přechod tranzistoru mezi emitorem a kolektorem způsobí sepnutí obvodu na výstupu. Díky galvanickému oddělení lze ovládat obvody, které se mezi sebou liší napětíovou úrovní v řádech stovek voltů. Toto použití je časté tam, kde potřebujeme mít úplně oddělená zařízení – včetně zemních (nulových) propojení. U simulátoru, který byl navrhnout navrhoval, jsem od sebe potřeboval oddělit vstupních 0V nebo 12V ze snímačů na 0V nebo 5V, s kterými pracuje mikroprocesor. Použil jsem 4N27. Ten je proveden s tranzistorem na stejnosměrné napětí. Způsob, jakým jsem optočleny zapojil v praxi, je vidět na obr. 6.9

[3]

Druhy optočlenu:

Podle typu napětí:

stejnosměrné napětí

střídavé napětí

podle polovodičů v prvku:

Tranzistorové

Unipolární

Bipolární

Tyristorové

Triakové

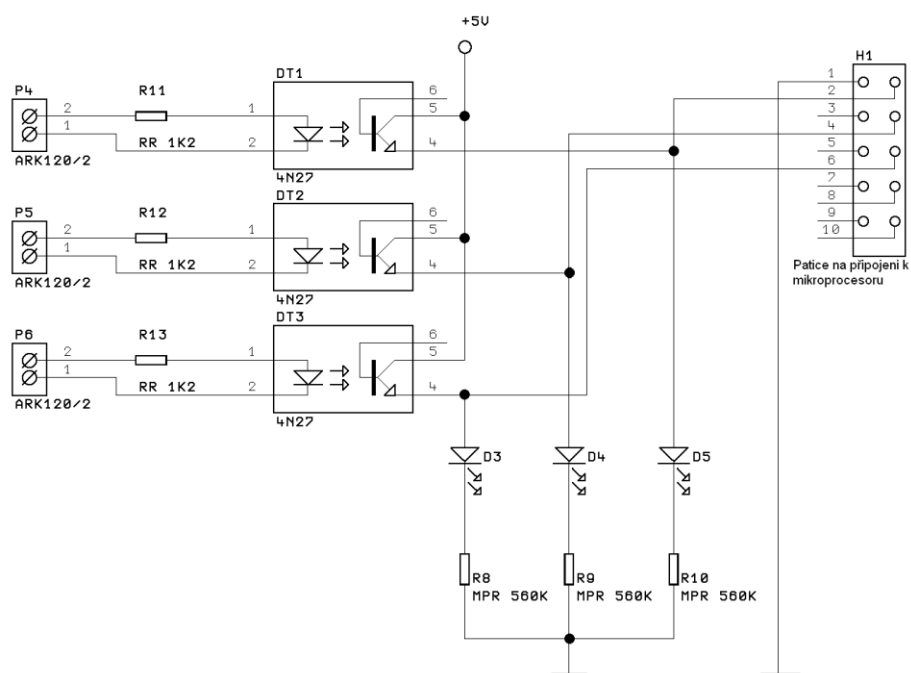
S operačním zesilovačem

Speciální

[3]

Nejpoužívanějšími typy jsou v dnešní době tranzistorové, určené pro stejnosměrné napětí. Pro střídavé napětí se pak nejčastěji používají tak zvaná SSR (Solid State Relay), která je určena pro velké výkony řádu několika desítek ampérů.

[3]



Obr. 6.9 Zapojení optočlenu

Pro oddělení napěťových úrovní byly použity optočleny, protože vstupní napětí, které přichází z řízení simulátoru je 0 a 12V a mikroprocesor pracuje s úrovněmi 0 a 5V. Jako signalizace jsou zde zapojeny LED diody, které se rozsvítí při přivedení kladného a záporného napětí na vstup. Kdyby toto zapojení bylo řešeno pomocí děličky z odporů, muselo by se počítat se zatížením LED diody a také by se mohlo stát, že na vstup mikroprocesoru by se dostal velký proud a došlo by ke spálení mikroprocesoru.

8 Volba napájení

Napájením se rozumí schopnost dodávat do obvodu požadované napětí a proud o určené velikosti. Protože ideální zdroj nemůžeme vytvořit, tak při odběru většího proudu poklesne dodávané napětí. V elektrické síti je střídavé napětí 230V a 50Hz. Protože tak vysoké napětí nepotřebujeme, použijeme transformátor pro zmenšení napětí. Pro přenos elektrické energie je výhodnější střídavé napětí, ale většina přístrojů pracují na stejnosměrné napětí.

8.1 Výběr transformátoru

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který umožňuje přenášet elektrickou energii z jednoho obvodu do jiného pomocí vzájemné elektromagnetické indukce. Používá se většinou pro přeměnu napětí (např. z vysokého napětí na nízké) nebo pro galvanické oddělení obvodů. Transformátor může pracovat pouze se střídavým proudem. Transformátor se skládá z primární a sekundární cívky, které bývají pro zvýšení účinnosti navinuty na společném feromagnetickém jádru. Jádro bývá vyrobeno z tenkých plíšků. Poměr počtu závitů primární a sekundární cívky udává poměr vstupního napětí k výstupnímu. Transformátoru se konstrukcí podobá tlumivka, která je zařazována jako indukční zátěž do obvodů a někdy se využívá i jako zdroj magnetického pole pro rušení magnetických záznamů.

Transformátor pracuje na principu elektromagnetické indukce časovou změnou magnetického toku. Primární cívka ve svém obvodu působí jako spotřebič, sekundární jako zdroj. Do primárního vinutí přivedeme střídavé napětí, a protože je uzavřený obvod, tak prochází proud střídavý. Okolo primární cívky se vytvoří magnetické pole charakterizované magnetickým tokem Φ . Tento tok se uzavírá převážně jádrem transformátoru a svými účinky zasahuje vinutí sekundární cívky. Vlivem časové změny magnetického toku se v sekundárních vodičích indukuje střídavé napětí.

V transformátoru vznikají ztráty. Jsou to ztráty v mědi a ztráty v železe. Při navrhování transformátoru musíme s těmito ztrátami počítat.

[3]

8.2 Princip usměrňovače

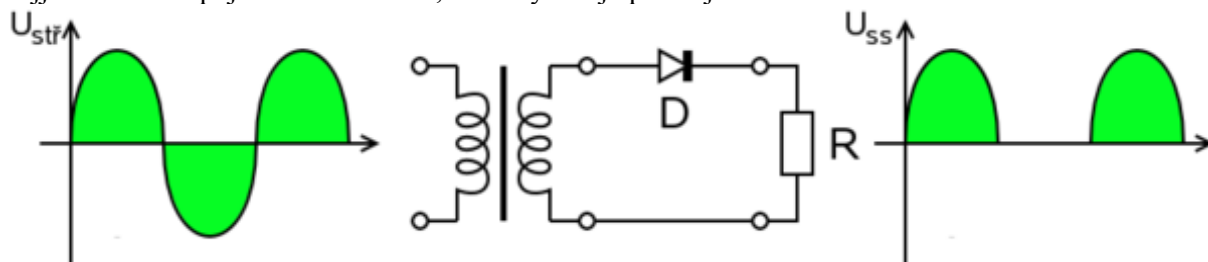
Usměrňovač je elektrické zařízení, které se používá k přeměně střídavého elektrického proudu na proud stejnosměrný. Elektronické obvody ke své činnosti obvykle potřebují stejnosměrný proud a v distribuční síti je proud střídavý. Usměrňovač je součástí většiny elektrických přístrojů a zařízení spotřební elektroniky, napájených z elektrické sítě. V současnosti se používají téměř výhradně polovodičové usměrňovače na bázi křemíku, kterými byla ostatní zařízení prakticky vytlačena.

Typy usměrňovačů:

polovodičové (křemíkové, germaniové, selenové, ...)
elektronkové
rtuťové

Jednoduchá zapojení:

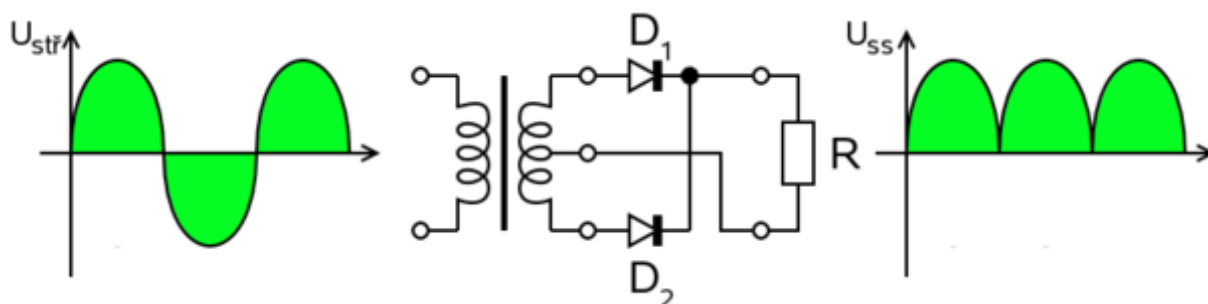
Jednocestný usměrňovač propouští pouze jednu půlvlnu vstupního napětí. Má tudíž pouze poloviční účinnost a používá se především u zařízení s velmi nízkým odběrem proudu. Jde o nejjednodušší zapojení usměrňovače, které vyžaduje pouze jednu diodu.



Obr. 8.1 Zapojení jednocestného usměrňovače

[3]

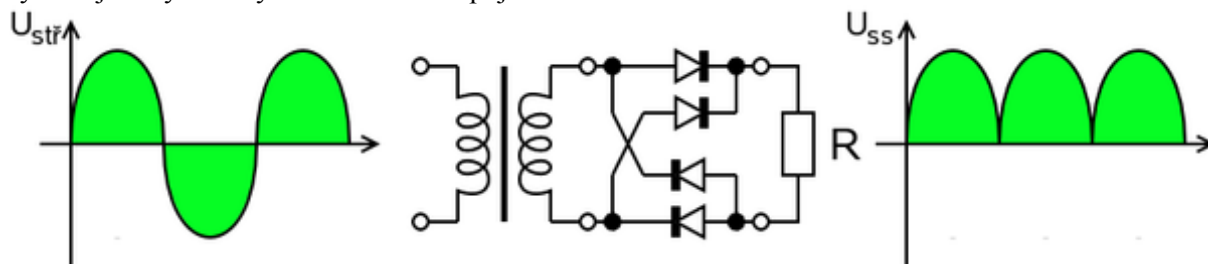
Dvoucestný usměrňovač propouští obě půlvlny vstupního napětí. Pokud je usměrňovač připojen na transformátor s dvojitým sekundárním vinutím, je možné jej realizovat pomocí dvou diod.



Obr. 8.2 Zapojení dvoucestného usměrňovače

[3]

Nejpoužívanějším typem dvoucestného usměrňovače je Grätzův můstek. Jde o zapojení využívající čtyři diody v můstkovém zapojení.



Obr. 8.3 Zapojení Grätzova můstku.

[3]

Pro usměrnění se kromě diod s PN přechodem používají také Schottkyho diody, které využívá usměrňujících účinků styku polovodiče a kovu. Polovodičem bývá nejčastěji křemík nebo GaAs typu N, kovem zlato nebo hliník. Schottkyho diody jsou rychle a z tohoto důvodu se mohou využít při usměrňování vyšších frekvencí. Používají se v extrémně rychlých spínacích obvodech, ve výpočetní technice, radarových zařízeních či k usměrnění malých napětí s frekvencí až do desítek GHz.

[3]

Nevýhody Schottkyho diody:

- umožňuje vznik elektrických polí velké intenzity
- nízké průrazné napětí
- špatné šumové vlastnosti

Výhody Schottkyho diody:

- Oproti diodám s PN přechodem se Schottkyho dioda vykazuje menším napětím v propustném směru, při kterém se výrazně zvyšuje proud (Schottkyho dioda 0,3 V, křemíková dioda s PN přechodem 0,6 V) a vyšším závěrným proudem (až stovky nA)
- Výhodou proti hrotovým diodám je také vyšší mechanická odolnost a kratší tzv. zotavovací doba. Schottkyho diody mohou být přepnuty z vodivého do nevodivého stavu za dobu menší než 1 ns. Jednoduchost výroby umožňuje vyrábět diody s velmi malou plochou přechodu.

[3]

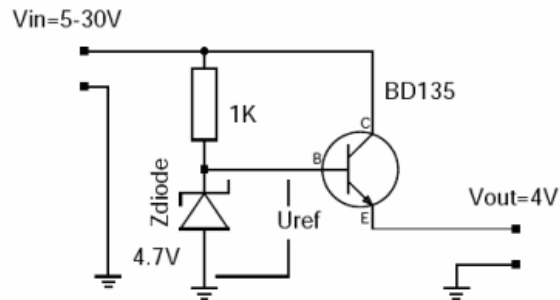
Simulátor, který byl vytvořen, musí odpovídat stejným hodnotám napětí a proudu, jako je to v palivovém článku, a tudíž byl hledán vhodný transformátor, který by zvládl dodávat napětí 50V a proud 10A. Doma tento transformátor vyrobit nelze, protože by tento transformátor neměl potřebné vlastnosti. Bylo osloveno tedy několik firem, zabývajících se výrobou transformátoru a sděleno jaké parametry by měl transformátor mít. U obvyčejného transformátoru byla vysoká cena a velké provedení. Nakonec byl objeven transformátor (toroid), u kterého byla přijatelná cena i velikost. Po domluvě s panem Kotzianem, tato nabídka nebyla dále realizována. Transformátor byl dodán panem Kotciánem a bylo dohodnuto, že pokud bude všechno v pořádku, tak se může posléze transformátor dokoupit. V zapojení se počítá s transformátorem, který má vyvedený střed. A to z důvodu, že úbytek na stabilizátoru je pouze na jedné diodě. Pro usměrnění byl použit stabilizátor s označením MBR2090. Jedná se o dvoucestný usměrňovač se zatížením až 90V a 20A.

9 Zdroj

Máme dva druhy zdrojů. Zdroj lineární a zdroj spínaný. Každý z těchto zdrojů má své výhody a také své nevýhody. Především se od sebe liší velikostí ztrátového tepla, cenou pořízení a způsobu provedení. Oba tyto typy zdroje je možno regulovat pomocí podobného principu.

9.1 lineární zdroj

Na obrázku níže, je zobrazen asi nejjednodušší stabilizovaný zdroj napětí. Skládá se pouze ze tří součástek: rezistor, tranzistor a zenerova dioda.



Obr. 7.1 jednoduchý lineární zdroj

[7]

Nevýhody tohoto zapojení:

- Žádná ochrana tranzistoru proti zkratu na výstupu.
- Poskytuje pouze fixní výstupní napětí.

Popis tohoto zapojení:

Výstupní napětí tohoto obvodu je: $U_{ref} - 0.7V$ (cca). Hodnota $0.7V$ je napěťový úbytek na přechodu báze – emitor tranzistoru. V závorce je uvedeno cca., poněvadž různé typy tranzistorů mají na tomto přechodu různé úbytky. Zenerova dioda spolu s rezistorem vytváří zdroj referenčního napětí, který je stabilní, i když vstupní napětí kolísá nebo je zašuměno. Tranzistoru je zde potřeba k poskytnutí vyššího proudu, než který je schopen zajistit odpor se zenerovou diodou. V tomto zapojení zde tedy slouží jako prostý zesilovač proudu. Jeho velikost bude záviset na proudu, který přitéká do báze tranzistoru.

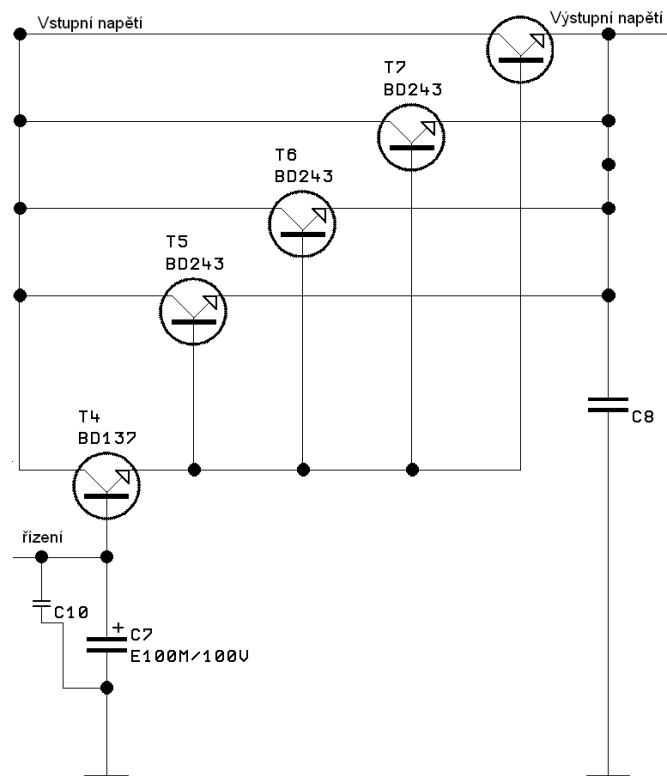
Toto jsou důvody, proč se takovéto obvody nevyskytují v koncových aplikacích. Jedná se však stále o nejjednodušší stavební blok a je základem pro všechny regulovatelné zdroje stabilizovaného napětí. Pro zdokonalení tohoto zapojení s odstraněním těchto nedostatků se stává zapojení složitější. Na řízení se používají mikroprocesory, které jsou dostatečně rychle na to, aby mohly reagovat na tyto problémy. Musí se ale zakomponovat do příslušného softwaru. Výhodou mikroprocesoru je, že nemusíte do obvodu zapojovat další zařízení na zjištění aktuální hodnoty napětí a proudu. Jediný problém je udělat obslužný program.

Je zde také další požadavek. Zesilovač musí jít od nuly do stabilního stavu bez jakýchkoliv zákmitů nebo napěťových špiček. Jinými slovy, při zapnutí nebo změně hodnoty výstupního napětí nesmí docházet k nežádoucím jevům.

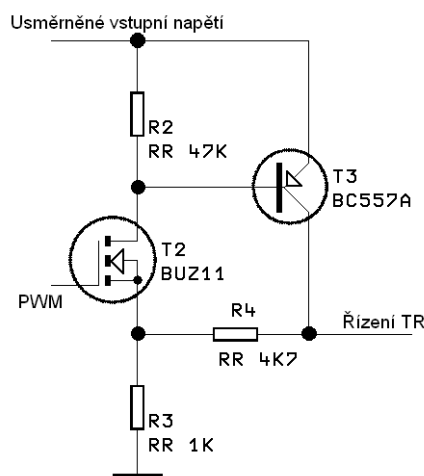
Postup při návrhu zdroje:

Začneme s výkonovým tranzistorem (výstupní tranzistor). Podle údajů z datasheetu má tranzistor BD243B proudový zesilovací činitel $h_{fe} = 30$ při výstupním proudu $6A$. Nějakým způsobem tedy musíme dostat do báze tranzistoru $150mA$. K zesílení proudu použijeme zapojení dvou tranzistorů známé jako darlingtonovo zapojení.

[7]



Obr. 7.2 Darlingtonová zapojení tranzistoru (regulace proudu)



Obr. 7.3 Řízení napětí

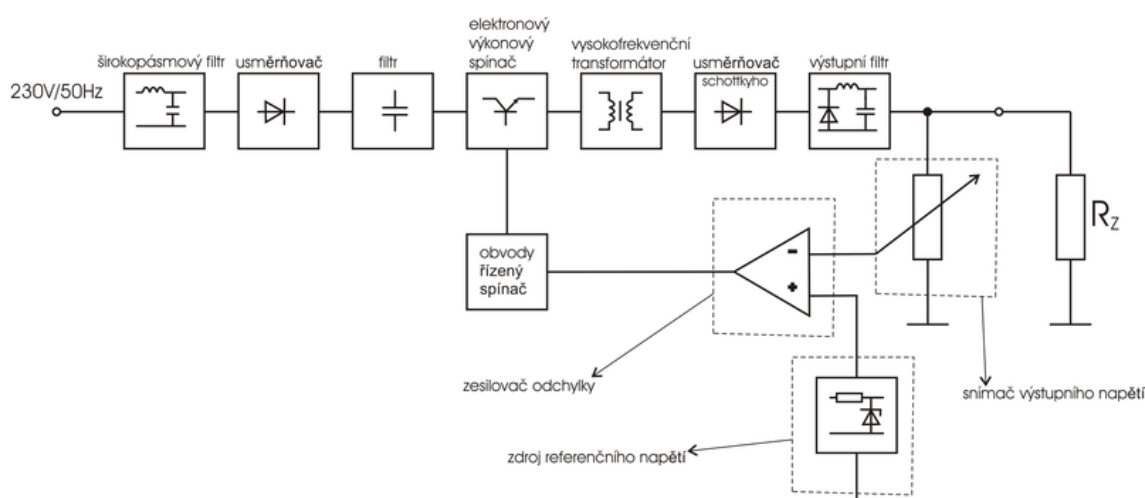
Nakonec bylo dohodnuto s vedoucím práce, že se vytvoří lineární zdroje a to z důvodu jeho ceny. Mikroprocesor se připojí na vstup MOSFET tranzistoru (T2) a pomocí PWM se tento tranzistor postupně otevírá a zavírá, tím pádem se nám také otevírá T3, který přivádí napětí a proud pro tranzistor T4. Tento tranzistor toto napětí zesílí a přivádí jej do báze výkonových tranzistoru, které se otevírají a na výstup zdroje, díky tomu můžeme naměřit větší napětí a proud.

9.2 Spínaný zdroj

Začal se objevovat až s příchodem výkonných spínacích tranzistorů většinou typu MOSFET. Dnes už pro spínané zdroje existují specializované integrované obvody, např. Obvody TOP Switch, které v sobě zahrnují veškeré řízení spínaného zdroje.

Napětí přicházející z rozvodné sítě 230 V / 50 Hz se nejdříve usměrní pomocí diodového můstku a vyhladí se na vstupním kondenzátoru. Pak se napětí rozstřídá pomocí spínacích tranzistorů na frekvenci řádově desítek kHz. Toto napětí je přivedeno na primární vinutí středofrekvenčního transformátoru. Ze sekundární strany je napětí opět usměrněno, vyhlazeno a připraveno k použití. O stabilitu výstupního napětí se stará zpětná vazba, která je z výstupu zavedena do obvodu, který řídí spínání.

[3]



Obr. 7.4 Blokové schéma spínaného zdroje

[3]

Výhody:

- Velkou výhodou spínaných zdrojů je jejich malá velikost, zejména velikost transformátoru, který má ve srovnání se síťovým transformátorem shodného výkonu mnohem menší rozměry. Např. zdroj v PC má výkon 350W a váží cca 0,5kg.
- transformátor pracuje na vyšší frekvenci
- průřez jádra je řádově menší
- podstatně menší hmotnost
- může být zdrojem rušivých signálů
- cena se málo mění s výkonem
- má větší účinnost

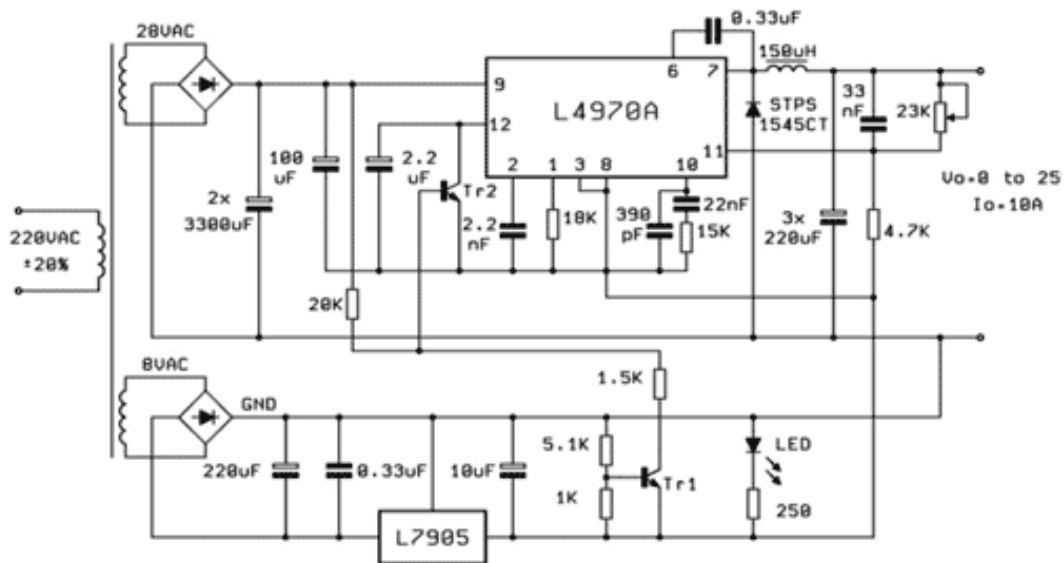
[7]

Nevýhody:

- Velikou nevýhodou může být rušení, které vzniká při spínání výkonových tranzistorů. Toto rušení nám určitě bude vadit v Audio technice, kde by se mohlo projevit nepříjemným pískotem nebo ve VF technice, kde by mohlo docházet k modulaci spínacího kmitočtu. Dá se částečně odfiltrovat, ale zpravidla nedosáhneme kvality zdroje lineárního.

[7]

Způsob zapojení spínaného zdroje:

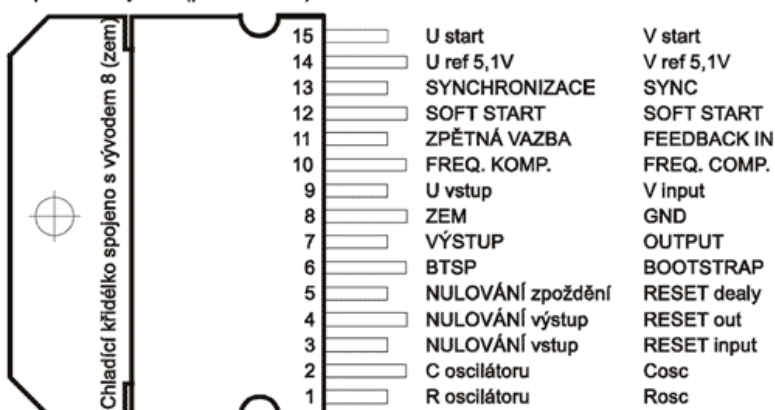


Obr. 7.5 Schéma spínaného zdroje

[7]

Uspořádání vývodu u integrovaného obvodu L4970A

Uspořádání vývodů (pohled shora)



Obr. 7.6 Popis vývodu

[7]

Tento typ zdroje by byl pro náš případ vhodnější pro menší tepelné ztráty. Ale jeho pořizovací cena je vysoká. Toto byl hlavní důvod, proč jsme z tohoto typu zdroje opustili a přešli znovu k návrhu lineárního zdroje.

Před návrhem vlastního zdroje muselo být ujasněno, co všechno tento zdroj musí obsahovat, jaké má mít parametry a jaký typ zdroje bude použit. Velikost výstupního napětí a proudu by mělo být stejné jako u vodíkového článku a tudíž 50V a 10A. Toto jsou celkem velké hodnoty, a i výkon tohoto zdroje je velký. Blokové schémata ujasnili počet vstupu a výstupu, které simulátor musí obsahovat a jaké vlastnosti tyto výstupy a vstupy mají. Kdyby byl návrh vytvářen zvlášť, byly by potřeba vytvořit dvě samostatné desky, které by byly mezi sebou propojeny. Z tohoto důvodu byly všechny součástky, které obsahuje simulátor, navrženy na jeden DPS, který obsahuje jak zdroj, tak i vstupy a výstupy.

10 Tranzistory

Tranzistor je polovodičová součástka, kterou tvoří dvojice přechodů PN. Je základem všech dnešních integrovaných obvodů, jako např. procesorů, pamětí atd. Každý tranzistor má (nejméně) tři elektrody, které se u bipolárních tranzistorů označují jako kolektor, báze a emitor, u unipolárních jako drain, gate a source. Podle uspořádání použitých polovodičů typu P nebo N se rozlišují dva typy bipolárních tranzistorů, NPN a PNP. Unipolární tranzistory jsou označovány jako N-FET nebo P-FET. Polovodičové přechody tranzistoru vytvářejí strukturu odpovídající spojení dvou polovodičových diod v jedné součástce. Většinu vlastností tranzistoru však dvojicí diod nahradit nelze.

[3]

Základní typy tranzistorů

- Bipolární - (BJT - Bipolar Junction Transistor) je ovládán připojením elektrického proudu na bázi. Velikostí tohoto proudu se ovládá proud v obvodu procházejícího mezi emitorem a kolektorem.
- Unipolární (FET)- využívají se k řízení proudu mezi D a S (drain, source) elektrostatického pole, vytvořeného v obvodu řídicí elektrody G (gate).
- JFET - (Junction Field-Effect Transistor) Tranzistor s přechodovým hradlem.
- MESFET - (Metal Semiconductor FET) FET ve spojení se Schottkyho diodou (přechod kov-polovodič). Tento tranzistor má lepší dynamické vlastnosti.
- MOSFET - (Metal Oxide Semiconductor FET) je polem řízený tranzistor, kde je vodivost kanálů mezi elektrodami Source a Drain ovládána elektrickým polem ve struktuře kov-oxid-polovodič. Tento tranzistor má možnost větší hustoty integrace (integrované obvody).
- MISFET - (Metal Insulation Semiconductor FET)
- JFET MOSFET-indukovaný kanál MOSFET-vestavěný kanál Bipolární

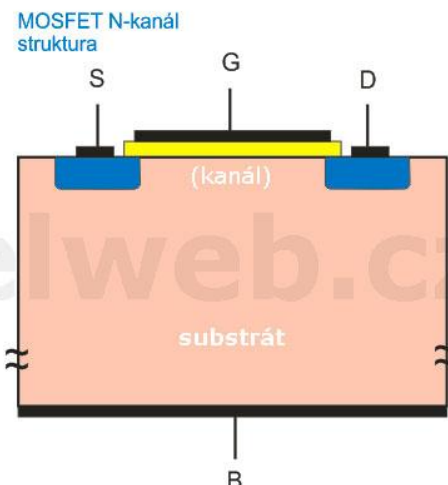
[3]

10.1 MOSFET

MOSFET je zkratkou pro Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor. Jedná se o tranzistor řízený elektrickým polem. Je to elektronická součástka obvykle se třemi, někdy i čtyřmi vývody: Gate (G, hradlo), Drain (D, kolektor), Source (S, emitor) a případně substrát (B), který se obvykle v pouzdru pojčuje se Source.

Do substrátu jsou difúzí vytvořeny dvě silně legované oblasti opačného typu polovodiče, ke kterým jsou připojeny (obvykle Al) elektrody Source a Drain. Na povrchu substrátu je mezi těmito elektrodami vytvořena tenká dielektrická vrstva oxidu křemičitého SiO₂. Na povrchu této vrstvy je nanášena elektroda Gate. Některé tranzistory využívají jiný materiál dielektrika a to především polykrystalický křemík, který umožňuje větší hustotu integrace a menší parazitní kapacity. Z tohoto důvodu se někdy používá název IGFET (Insulated Gate FET).

[8]

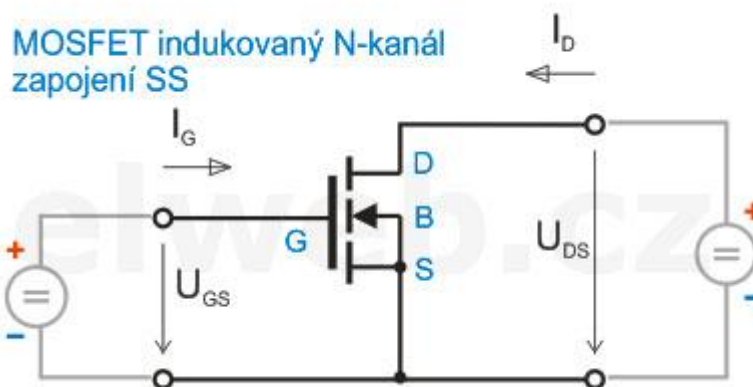


Obr. 9.1 Struktura MOSFET tranzistoru

[8]

U bipolárního tranzistoru se tranzistor "otevívá/zavírá" podle proudu tekoucího do báze. Je tedy řízený proudem (přesněji výkonem). Na rozdíl od něj však do Gate u MOSFETu žádný stejnosměrný proud neteče, protože je tato elektroda od zbytku tranzistoru odizolována dielektrikem. MOSFET je řízený napětím. Napětím mezi Gate a Source ovlivňujeme vodivost tzv. kanálu mezi elektrodami Source a Drain, tedy "otevíváme/zavíráme" tranzistor. Pokud mezi Gate a Source není přivedeno žádné napětí (stále je řeč o indukovaném kanálu), tak kvůli závěrné polarizaci jednoho z přechodů D-B nebo B-S mezi Sourcem a Drainem nemůže protékat žádný proud (tedy téměř žádný, ve skutečnosti cca jednotky nA).

[8]



Obr. 9.2 Zapojení MOSFET tranzistoru

[8]

10.2 Bipolární

Bipolární tranzistor (BJT - Bipolar Junction Transistor) je součástka, která umožňuje malým proudem řídit větší proud, který jí protéká. Existuje řada různých druhů tranzistorů, které se liší schopnostmi i způsobem ovládání. Předmětem této kapitoly jsou nejobyčejnější, tzv. bipolární

tranzistory (BJT). Bipolární tranzistory se vyskytují ve dvou variantách: NPN a PNP. Jsou funkčně skoro stejné, liší se ale opačnou polaritou: tam, kde u NPN teče proud jedním směrem, teče u PNP opačným. Častěji se používají tranzistory NPN.

Tranzistory se používají pro různé zapojení, většinou jako spínač nebo zesilovač.

[11]

Tranzistor jako spínač

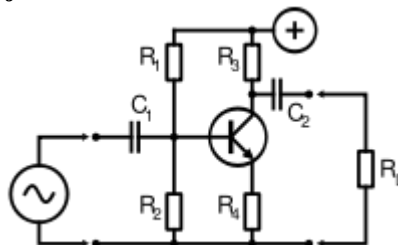
Pokud do báze tranzistoru pustíme malý proud, tento tranzistor se otevře a protéká přes něj proud mnohonásobně větší.

Tranzistor jako jednoduchý proudový zesilovač

Zesilovacího činitele β nám určuje, kolikrát větší proud než proud tekoucí do báze, může protékat z kolektoru do emitoru

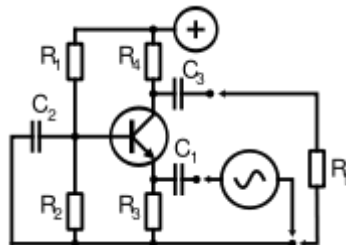
Např. Pokud je $\beta = 100$ a do báze teče 1 mA, dovolí tranzistor nejvýše 100 mA.

Nejčastější zapojení tranzistoru jako zesilovače



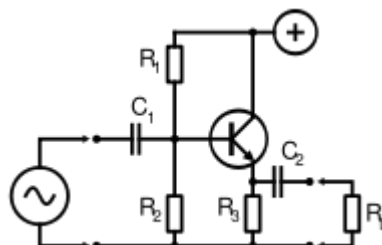
Obr. 9.3 Zesilovač se společným emitorem

[11]



Obr. 9.4 Napěťový zesilovač se společnouází

[11]



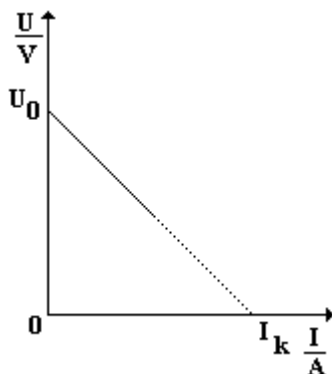
Obr. 9.5 Proudový zesilovač se společným kolektorem

[11]

Nejpoužívanější zapojení je se společným emitorem. Pro řízení PWM signálem, jsem použil MOSFET tranzistory a to z důvodu, že u bipolárního tranzistoru může dojít ke krátkému přenesení napětí z kolektoru do báze tranzistoru. Toto by mělo za příčinu zničení mikroprocesoru.

11 Měření proudu a napětí

Měření proudu a napětí se provádí z důvodu zjištění aktuálních hodnot. Pomocí těchto hodnot se určí rozdíl požadovaných a skutečných hodnot. Rozdíl se mikroprocesor snaží vykompenzovat, abychom na výstupu dostali požadované hodnoty. Z důvodu, že transformátor není tvrdý a nemůžeme vytvořit ideální zdroj proudu a napětí, dochází při větších proudech k poklesu napětí. Tento jev je vidět na obr. 10.1, kdy maximální proud a napětí se pohybují po této křivce.



Obr. 10.1 Zatěžovací charakteristika reálného zdroje

Výpočet U_0 a I_k :

$$U_0 = U_e$$

$$I_k = \frac{U_e}{R_i}$$

U_e - Napětí nakrátko

R_i - Odpor celého zapojení

[9]

11.1 Měření proudu

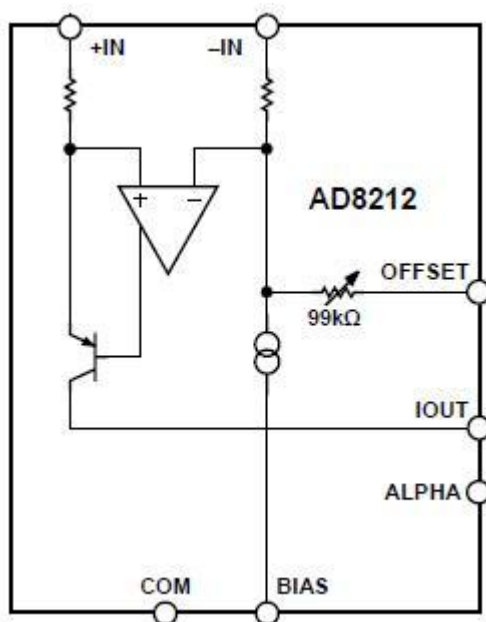
Proud nedostaneme přímo, ale musíme jej přepočítat z rozdílu napětí. Toto měření se označuje jako nepřímé měření. Do obvodu zařadíme odpor, u kterého známe jeho hodnotu a měříme napětí před a za tímto odporem. Výsledný přepočet je:

$$I = \frac{U_{před} - U_{za}}{R}$$

[9]

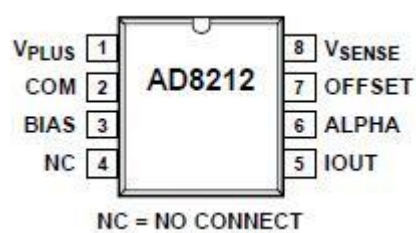
V dnešní době je již na trhu integrovaný obvod, který nám tyto hodnoty od sebe odečte, a my dostáváme výsledný rozdíl. Tento rozdíl převedeme pomocí A/D převodníku do mikroprocesoru a přepočteme jej na výsledný proud. Tento integrovaný obvod se označuje AD8212. Na obr 10.2 je vidět vnitřní uspořádání a na obr. 10.4 je doporučené zapojení výrobce. Tento obvod se může také použít jako DC/DC měnič.

[9]



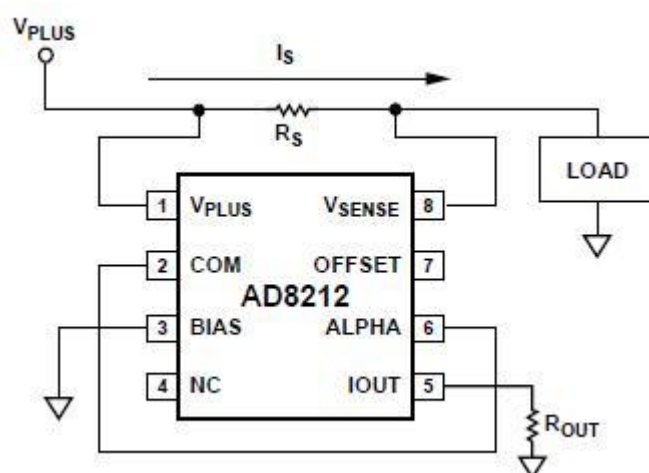
Obr 10.2 Vnitřní zapojení

[10]



Obr 10.3 Zapojení vývodu

[10]

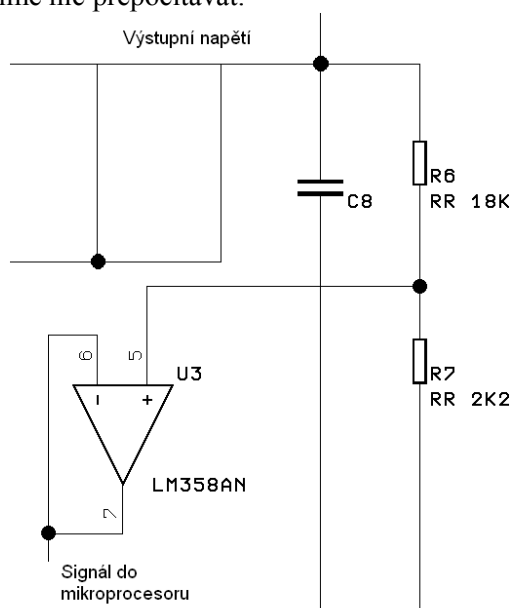


Obr 10.4 Doporučené zapojení AD8214

[10]

11.2 Měření napětí

Pokud chceme změřit napětí, stačí ho přivést na příslušný pin mikroprocesoru a zapnout převod. Je to přímé měření, protože nemusíme nic přepočítávat.



Obr 10.5 Způsob měření napětí.

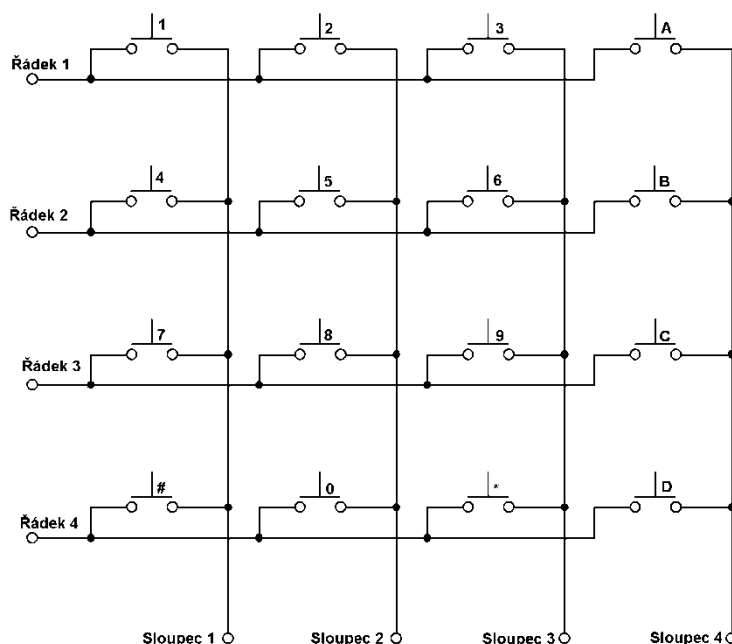
Způsob zapojení na obr 10.5, kde je z důvodu ochrany mikroprocesoru zařazen do obvodu dělič napětí, který nám upravuje výsledné napětí v rozsahu 0-5V. Při překročení tohoto napětí by mohlo dojít k zničení mikroprocesoru. Operační zesilovač je zde pouze na impedanční oddělení, jeho zesílení je rovno 1.

12 Vstupní a výstupní periferie

Vstupní a výstupní periferie se používají ke komunikaci mezi uživatelem a mikroprocesorem. Mikroprocesor by měl testovat, jestli uživatel nezmáčkl nějaké tlačítko a pokud ano, tak na toto tlačítko musí zareagovat. Např. po zmáčknutí jakéhokoli tlačítka, vypsát jeho hodnotu na displej. Jako výstupní periferie je použit LCD displej. Na tomto displeji se zobrazují aktuální hodnoty proudu, napětí, teploty, dále pomocí něj bude uživatel informován o prováděné akci simulátoru, zapnutí výstupu a pomocí jednoduchého menu (které se bude ovládat pomocí klávesnice) bude moci měnit vstupní hodnoty.

12.1 Vstupní periferie

Jedná se o maticovou klávesnici typu F-KV16KEY. Tato klávesnice pracuje na principu, kdy jsou vzájemně propojeny tlačítka v řádku i ve sloupci, viz obr. 11.1. Postup při zjišťování, je-li nějaké tlačítko zmáčkuto, je jednoduchý. Přivede se na první řádek log. 1 a postupně se otestují všechny sloupce, jestli není nějaký výstup v log. 1. Pokud je příslušné tlačítko zmáčkuto, v programu se musí nastavit, kterému tlačítku tato kombinace vstupu a výstupu odpovídá. Pokud se nastaví na prvním řádku log. 0 a na druhém řádku log. 1, znovu se postupně testují všechny sloupce. Tento postup se opakuje na všech řádcích. Je možné postup také otočit, to znamená, že přivedeme log 1. na první sloupec a postupně testujeme všechny řádky. Toto zjišťování by se mělo provádět co nejrychleji a pokud možno co nejčastěji.

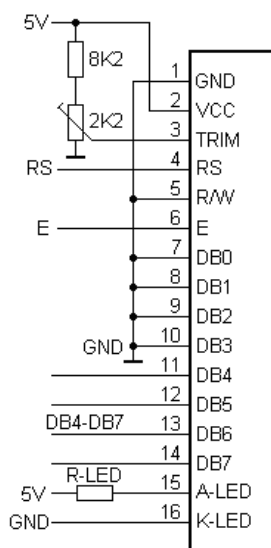


Obr. 11.1 Vnitřní zapojení klávesnice F-KV16KEY

12.2 Výstupní periferie

Jedná se o čtyřřádkový LCD displej s 16 sloupkami (16x4) a s označením MC1604B. Tento LCD displej má možnost posílat data pomocí čtyř nebo osmi bitů a dalšími třemi vodiči je zajištěna inicializace a komunikace mezi mikroprocesorem. Použitý modul komunikuje čtyřmi bity. Seznam pinů s popisem je znázorněn v tabulce 11.1. Způsob zapojení LCD displeje je znázorněn na obr. 11.2. Před začátkem posílání dat do LCD displeje se musí nejprve inicializovat. V inicializaci se nastaví způsob komunikace, časové rutiny a blikání kurzoru. Po úspěšné inicializaci by se měl rozblikat první

čtvereček na prvním řádku LCD displeje. Pokud se tak nestalo, je buď špatná inicializace anebo ubrán kontrast. Kontrast se mění pomocí potenciometru, který je na modulu. Pootočením tohoto potenciometru se přivádí napětí na třetí pin, a čím je větší napětí na tomto pinu, tím je větší kontrast.



Obr. 11.2 Doporučené zapojení LCD displeje

vývod standard	Název	popis
1	Vss	napájení GND
2	Vdd	napájení +5V
3	Vo	kontrast 0V... 5V (typ. 0,8V)
4	RS	Změna registru (0=instrukce, 1=data)
5	R/W	Read / Write (0=zápis, 1=čtení)
6	E	Enable (1, hrana z 1 -> do 0)
7	DB0	Data Bus 0
8	DB1	Data Bus 1
9	DB2	Data Bus 2
10	DB3	Data Bus 3
11	DB4	Data Bus 4
12	DB5	Data Bus 5
13	DB6	Data Bus 6
14	DB7	Data Bus 7
15	A	Podsvětlení - anoda LED
16	K	Podsvětlení - katoda LED

Tab. 11.1 Seznam pinu na LCD displeji

13 Sestavení zařízení

Základem simulátoru je řízený zdroj napětí a proudu. Bylo proto nutné rozhodnout, jaký typ zdroje bude použit. Nejjednodušší by bylo použití lineárního zdroje. Po domluvě s vedoucím práce, bylo dohodnuto přejít ke spínanému zdroji a to z důvodu, že lineární zdroj má velké tepelné ztráty a byly obavy z toho, že výstupní tranzistory se nepovede uchladit. Po nasbírání poznatku o spínaném zdroji bylo osloveno několik firem, které byly požádány o výrobu spínaného zdroje. Kvůli vysokým pořizovacím cenám, nejen u oslovených firem, jsme byli donuceni přejít zpět k lineárnímu zdroji. Zdroj proti přehřátí se musí chladit jak pasivním, tak i aktivním chladičem.

Před vytvářením hardwarové části muselo být nastudováno zatížení DPS z důvodu velkého napětí a proudu (50V, 10A), tvorbu schémat a DPS v programu Formica. Poté podle příslušných parametru bylo navrhováno elektrické schéma zdroje. Po vytvoření tohoto schématu se mohlo začít s nákupem součástek a postupným testováním. Tyto testy byly prováděny na nepájivém poli. Nejprve se testovalo vstupní napájení i s regulátory. Poté se prováděl test funkčnosti optočlenu a dílčích věcí, které jsou na 5V nebo 12V. Po otestování těchto celku se začalo testovat řízení zdroje a posléze se přidaly i výkonové tranzistory. Po odzkoušení řízení pomocí PWM se zjišťovaly hodnoty napětí. Poslední testovanou věcí byly čidla teplot.

Při zjištění vyšší teploty na pasivním chladiči se zpustí větráček, který je zde použit jako aktivní chlazení. Kdyby však ztrátový výkon byl příliš velký, dojde k zastavení dodávání proudu a napětí.

Na nepájivém poli se testovala pouze funkčnost jednotlivých bloků a to na nižším vstupním napětí a také proudu, protože tyto pole nejsou dimenzována na tak velké hodnoty proudu a napětí. Poté byla vytvořena testovací deska plošného spoje, podle elektrického schématu viz příloha I. Tato deska byla vytvořena, aby mohl být simulátor vyzkoušet jako celek. DPS bylo vytvořeno na dvouvrstvém plošném spoji. Strana součástek je zobrazena v příloze II a strana spojů v příloze III. V příloze V jde vidět způsob propojení celého simulátoru.

14 Závěr

Obsahem této práce bylo vytvořit simulátor palivového článku. V rámci této práce byla nastudována potřebná dokumentace, jak k palivovým článkům, tak k jednotlivým komponentům návrhu. Dále bylo navrženo blokové schéma a řešení bylo navrženo jako mikroprocesorem řízený lineární zdroj. Simulátor je vybaven všemi potřebnými vstupy, výstupy, klávesnicí a displejem k ovládání článku.

S pomocí návrhového systému formica bylo navrženo a vytvořeno schéma zapojení. Všechny části byly testovány na nepojivém poli. Na tomto poli se testovala pouze funkčnost jednotlivých bloků a to na nižším vstupním napětí a také proudu. Poté byla vytvořena testovací deska plošného spoje.

Simulátor řídí mikroprocesor MC9S12DP512, který byl naprogramován v prostředí CodeWarrior. V rámci tohoto prostředí, byl vytvořen testovací program pro ověření funkce všech rozhraní a řídicích prvků.

Z důvodu složitého a delšího návrhu blokového schéma a elektrického schéma, na kterých bylo vynaloženo hodně času, se nepovedlo dodělat řídicí program simulátoru. Díky tomuto vývoji se povedlo zamezit zničení mikroprocesoru pomocí velkých napěťových úrovní. S těmito velkými napěťovými úrovněmi komunikuje řídicí systém článku. Program, který byl vytvořen je pouze testovací, a pomocí něho lze zjistit funkčnost simulátoru a všech dalších částí, ale nesimuluje palivový vodíkový článek. Pro pokračování v této práci je potřeba, díky nastudovaným poznatkům, doopravit příslušný program.

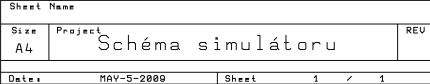
15 Literatura

- [1] <http://www.freescale.com>
- [2] <http://www.dhservis.cz>
- [3] <http://cs.wikipedia.org>
- [4] http://praktika.fjfi.cvut.cz/data/VIP/V.Pospisil/scan/prevodniky%20A_D.pdf
- [5] http://e-automatizace.vsb.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/Prevodniky.html#AD
- [6] Šandera, J.: Navrhování plošných spojů pro povrchovou montáž. Vydavatelství BEN – Technická literatura, Praha 2006
- [7] <http://hw.cz>
- [8] <http://www.elweb.cz>
- [9] <http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=250>
- [10] <http://www.alldatasheet.com>
- [11] <http://cs.wikibooks.org>

16 Seznam příloh

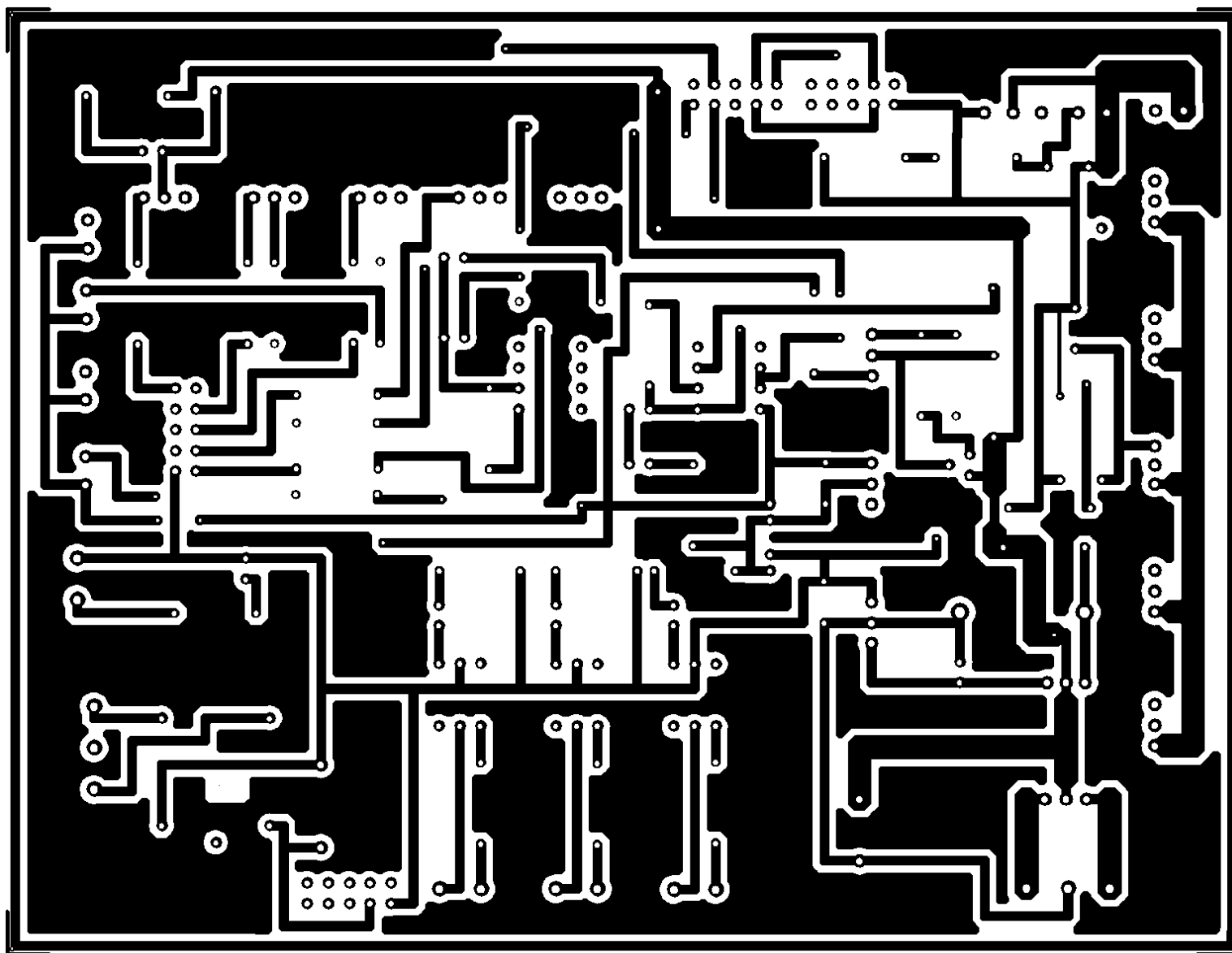
PŘÍLOHA I	–	Elektrické schéma simulátoru
PŘÍLOHA II	–	DPS simulátoru strana součástek
PŘÍLOHA III	–	DPS simulátoru strana spojů
PŘÍLOHA IV	–	Blokové schéma vozidla HIX
PŘÍLOHA V	–	Ukázka propojení simulátoru s mikroprocesorem a periferiemi

I



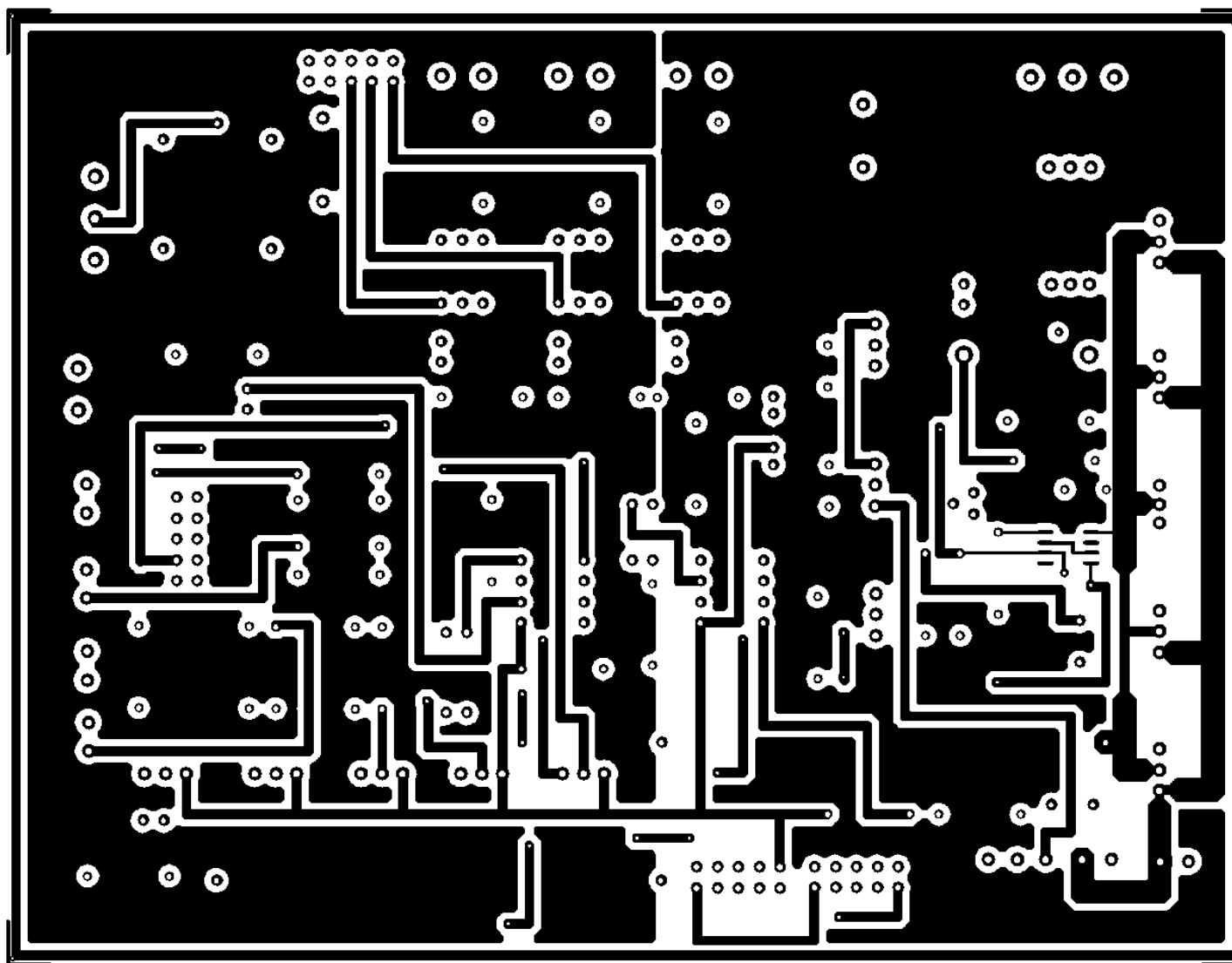
PŘÍLOHA II

– DPS simulátoru strana součástek



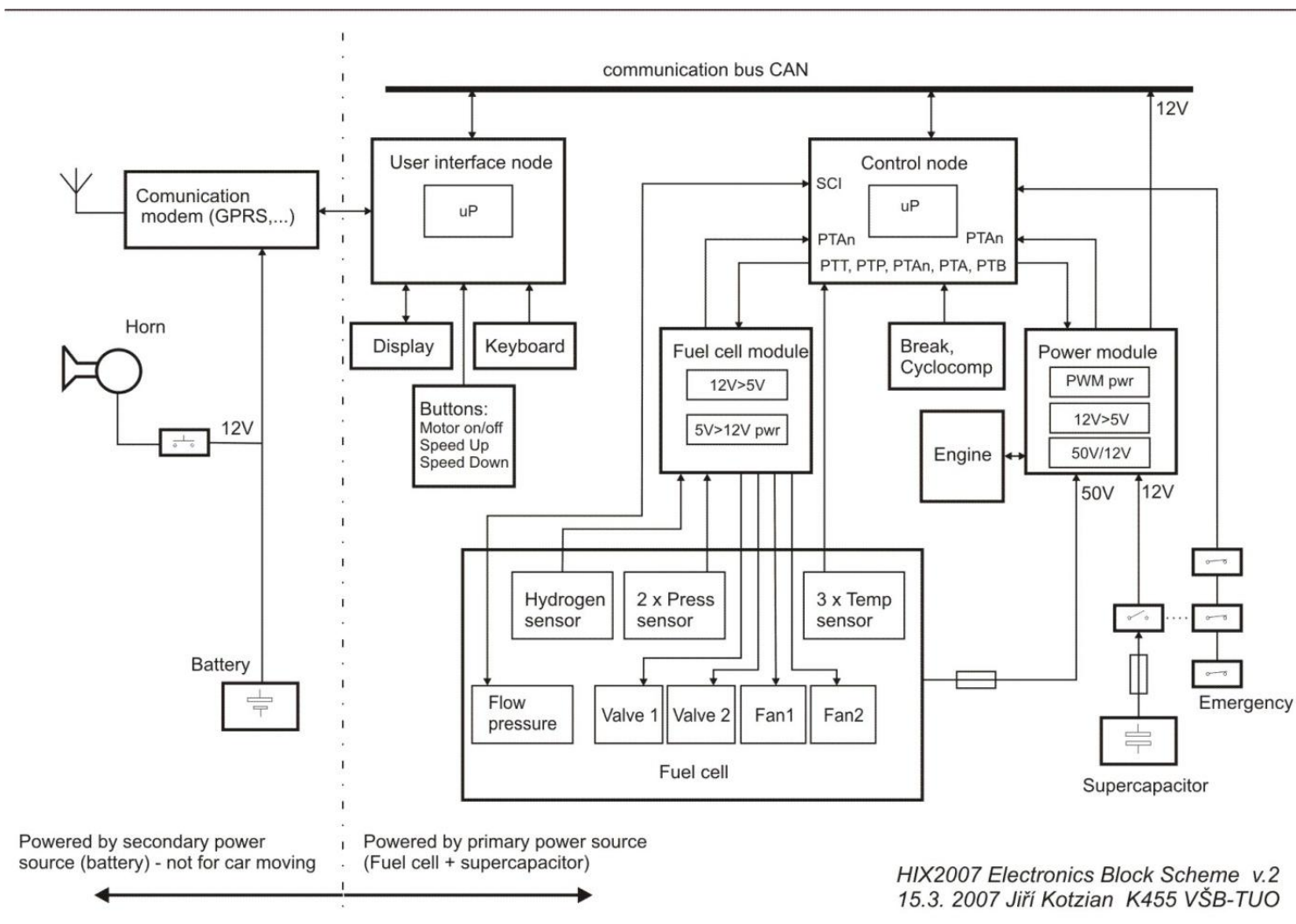
PŘÍLOHA III

– DPS simulátoru strana spojů



PŘÍLOHA IV

Blokové schéma palivového článku



PŘÍLOHA V – Ukázka propojení simulátoru s mikroprocesorem a periferiemi

